PUBBLICAZIONE

FATTA D'ORDINE DEL MINISTERO DELLA GUERRA

ESPERIENZE MECCANICHE

SULLA

RESISTENZA

DEI

PRINCIPALI METALLI

DA

BOCCHE DA FUOCO

DI

G. ROSSET

COLONNELLO D'ARTIGLIERIA

Direttore della Fonderia di Torino

CON ATLANTE

TORINO

STAMPERIA DELL' UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE

Via Carlo Alberto, N° 33, casa Pomba

1874

ESPERIENZE MECCANICHE

SULLA

RESISTENZA

DEI

PRINCIPALI METALLI

DA

BOCCHE DA FUOCO

ESPERIENZE MECCANICHE

SULLA

RESISTENZA

DEI

PRINCIPALI METALLI

DA

BOCCHE DA FUOCO

DI

G. ROSSET
COLONNELLO D'ARTIGLIERIA
Direttore della Fonderia di Torino

CON ATLANTE

TORINO
STAMPERIA DELL'UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE
Via Carlo Alberto, N° 33, casa Pomba
1874

INDICE

PARTE PRIMA

ESPERIENZE PER TRAZIONE LONGITUDINALE SOPRA SAGGI DI FERRO-ACCIAIOSO, ACCIAIO, GHISA, BRONZO E LEGHE DIVERSE

CAPITOLO PRIMO

Esposizione dei metodi esperimentali seguiti e delle macchine impiegate.

CAPITOLO SECONDO

Esperienze su cerchi da bocche da fuoco e su varie qualità di acciaio e di ferro.

CAPITOLO TERZO

Considerazioni ed esperimenti sulla elasticità speciale e deduzioni relative alla cerchiatura.

APPENDICE

CAPITOLO QUARTO

Esperienze sulla ghisa.

CAPITOLO QUINTO

Esperienze sul bronzo da cannone e su alcune leghe.

PARTE SECONDA

ESPERIMENTI SOPRA ANELLI METALLICI PER FORZAMENTO INTERNO

CAPITOLO PRIMO

Generalità.

CAPITOLO SECONDO

Esperimenti sul bronzo.

CAPITOLO TERZO

Esperimenti su anelli di ghisa di varia grossezze.

CAPITOLO QUARTO

Esperimenti sopra anelli di acciaio fuso (Krupp).

CAPITOLO QUINTO

Esperienze sopra anelli di ghisa cerchiati e tubati con metalli diversi ed in vario modo.

CAPITOLO SESTO

Riassunto e Conclusioni.

PARTE TERZA

ESPERIENZE SULLA CERCHIATURA DEI CANNONI DA CENT. 24

I dati che si hanno presentemente sulla resistenza dei metalli, e che trovansi registrati nei prontuari in uso, furono per lo più ricavati in epoche anteriori allo sviluppo di molti fra i principali progressi dell'industria metallurgica. Le esperienze poi che valsero a stabilirli, eseguite in diversi periodi, da diversi operatori, non sempre coi medesimi criteri, e spesso con mezzi pratici assai men che perfetti, mancano generalmente di quelle condizioni di precisione e d'esattezza che possano renderne senz'altro accettabili i risultati. Inoltre, avendo esse per iscopo essenziale le applicazioni alle arti meccaniche ed industriali, non possono in alcun modo riferirsi ai metalli usati nella costruzione delle bocche da fuoco, in cui, oltre alla resistenza propriamente detta, devesi tenere in gran conto l'elasticità. Infine, mancano tuttora dati sperimentali sufficienti sui metalli impiegati nelle nostre fonderie da cannoni, e specialmente sulla ghisa italiana.

Credetti quindi util cosa l'intraprendere, sopra una scala abbastanza vasta, e scartando per quanto possibile ogni causa d'irregolarità, una lunga serie di minute ed accurate esperienze intese a determinare, se non in modo matematicamente esatto,

almeno assai prossimo al vero, il valore delle principali proprietà dei metalli oradetti.

A raggiunger meglio un tale scopo, oltre alle esperienze eseguite esercitando, sui saggi dei varii metalli, sforzi di trazione e di compressione nel senso longitudinale, tentai di risolvere, almeno in gran parte, l'importante questione della resistenza dei cilindri a pressioni interne, sperando di poter dedurre dalle osservazioni fatte utili norme da applicarsi alla resistenza delle bocche da fuoco. A questo studio procedetti per mezzo di esperienze d'un genere affatto particolare, e che non credo sieno state sinora eseguite in così gran numero e sopra saggi di specie così diverse; sottoposi cioè anelli composti d'un solo metallo o di varii metalli, a pressioni interne esercitate per mezzo d'un cuneo spinto a forza in ciascuno di essi.

Alcune delle esperienze anzidette non poterono ancora esser condotte a termine. In vista però del vantaggio che può risultare dall'esposizione di quelle già ultimate, mi decisi a presentarne la relazione al Ministero della guerra, il quale, sul parere favorevole del Comitato d'Artiglieria, giudicava opportuno di ordinarne l'immediata pubblicazione. Potranno così formar l'oggetto di una posteriore relazione, quelle tuttora in corso.

Ho diviso questo lavoro in tre parti:

La prima parte, oltre all'esposizione dei metodi sperimentali seguiti, ed alla descrizione della macchina di prova e degli strumenti adoperati, comprende quanto si riferisce alle esperienze per trazione longitudinale eseguite sul bronzo, sulla ghisa, sull'acciaio e sul ferro acciaioso.

La seconda parte tratta della resistenza dei cilindri a pressioni interne. — In essa rendo conto delle esperienze eseguite sopra anelli di varie specie di ghisa, di bronzo, di acciaio, e di ghisa cerchiata e tubata con varii metalli.

La terza parte infine ha per oggetto alcune esperienze dirette e speciali sulla cerchiatura delle bocche da fuoco di ghisa.

Debbo ancora avvertire che, nel corso della presente relazione, ho inserito, man mano che se ne presentava l'occasione, varie osservazioni relative alla fabbricazione delle artiglierie di bronzo e di ghisa coi metodi seguiti presso la fonderia di Torino; e, come deduzione degli studii e delle osservazioni fatte, varie proposte di modificazioni intese a migliorare in generale la costruzione delle bocche da fuoco.

Compio finalmente il debito di esternar qui la mia viva riconoscenza al capitano sig. V. Provenzale, al quale, coll'aiuto del capo meccanico sig. G. Pugno, fu specialmente affidata l'esecuzione delle esperienze, e che attese con molto zelo ed intelligenza al compimento di tali numerosissime, lunghe e delicate ricerche; nonchè al maggiore sig. A. Mathieu, che ben volle assumersi l'incarico di dirigere questa pubblicazione.

Torino, Dicembre 1873.

G. ROSSET.

PARTE PRIMA

ESPERIENZE

PER

TRAZIONE LONGITUDINALE

SOPRA SAGGI DI VARII METALLI

CAPITOLO I.

ESPOSIZIONE DEI METODI SPERIMENTALI SEGUITI E DELLE MACCHINE IMPIEGATE

Titolo I.

CONSIDERAZIONI GENERALI — GENERE DELLE PROVE MECCANICHE ESEGUITE

Generalità.

Non poche difficoltà presenta lo studio della resistenza delle bocche da fuoco, per le svariate e complesse cause che, nello sparo, tendono a sottoporre i metalli di cui sono formate ad effetti d'indole alquanto diversa e speciale; fra le quali cause primeggiano l'aziono di forze vive di rilevante intensità, e quella della dilatazione interna per effetto dell'elevazione della temperatura nel tiro continuato.

Occorrerebbe perciò conoscere esattamente le leggi di elasticità dei metalli sotto sforzi analoghi, e particolarmente sotto l'azione delle forze vive: ma le difficoltà di trovare mezzi meccanici tali da rilevare sperimentalmente e con sufficiente esattezza l'intensità, la direzione, il tempo d'azione, ecc., ecc., dell'urto, ossia delle forze vive, non che l'influenza delle vibrazioni e delle altre cause complesse che entrano in azione nello sparo delle bocche da fuoco, sono tali e di tanta entità da considerarle quasi come insuperabili.

Alcuni autori, fra i quali il Poncelet nel suo *Trattato di Meccanica industriale*, studiarono la quistione generale della resistenza alle forze

vive. Questi, dopo lunghe e dotte considerazioni sulle forze molecolari di attrazione e di repulsione della materia e sull'azione dell'inerzia, prendendo per tipo di solido il prisma (1), arriva, per applicazione delle leggi di meccanica, a stabilire equazioni nelle quali sono espresse le masse e le relative velocità che agiscono sul prisma, l'allungamento relativo al massimo della velocità, le principali circostanze del movimento oscillatorio colla sua ampiezza, durata ed intensità, la legge del movimento dei punti intermediarii del prisma, gli effetti dell'urto, il massimo dell'allungamento e della contrazione, l'estinzione e l'accumulazione del movimento delle vibrazioni, ecc., ecc.

L'essere assai ristrette le applicazioni di questa teoria alle quali, tanto il Poncelet che gli altri autori, dovettero limitarsi, dipende evidentemente dal fatto che in una questione appartenente essenzialmente alla sfera della *dinamica*, vengono impiegati i dati esperimentali generalmente ammessi per la resistenza a forze *statiche;* e se risultati sufficientemente esatti, o per meglio dire non molto lontani dal vero, ottengonsi in casi nei quali le forze vive sono di poca entità, come in quello dei ponti metallici o sospesi, ben diversamente succede nel caso dello sparo delle bocche da fuoco.

Tralasciando adunque ogni considerazione sulla quistione delle resistenze e degli altri fenomeni relativi alle forze dinamiche, fintantochè mezzi esperimentali più perfetti di quelli attuali ne permettano lo studio, mi occuperò esclusivamente della ricerca delle leggi d'elasticità, e delle resistenze a forze statiche, dei principali metalli usati nella fabbricazione delle bocche da fuoco; convinto che da esse e più specialmente dalle prime, potendosi scorgere con certezza la somma di *potenza* ossia di *lavoro molecolare disponibile* nei varii metalli in determinate circostanze, emergeranno viemmeglio le norme che debbono regolarne in modo utile e pratico l'impiego, nella fabbricazione delle artiglierie e nelle altre costruzioni; poichè questo impiego è sempre relativo ad uno stato non prossimo alla rottura, quando cioè avvi disponibile ancora nei metalli una considerevole potenza molecolare. Perciò appunto le interessanti esperienze fatte in America sulle varie qualità di ghisa e di bronzo da bocche da fuoco, ben lontane sono dall'indicarne le primarie proprietà e dal

(1) Sottoponendolo all'azione di forze vive prodotte dall'urto di una massa animata da velocità determinata.

presentare la desiderabile utilità, perchè in maggior parte limitate alla rottura.

Coefficiente d'elasticità.

Di precipua importanza è dunque, a mio avviso, l'estesa se non completa conoscenza delle leggi d'elasticità dei metalli a forze statiche, e ciò nei loro diversi stati d'equilibrio molecolare più o meno stabile od instabile.

Secondo le teorie generalmente ammesse, quando un corpo prismatico di lunghezza L e di sezione trasversale di superficie A è sottoposto ad uno sforzo di trazione P nel senso del suo asse, se l'*intensità dello sforzo non oltrepassa un certo limite variabile colla materia del prisma* il quale chiamasi *limite d'elasticità*, il corpo stesso si allunga sotto l'azione di questo sforzo di una quantità l proporzionale alla lunghezza totale L; ossia il rapporto $\frac{l}{L}$ che non è altro che l'allungamento per metro lineare, è costante, ed usasi indicare colla lettera i, ossia:

$$\frac{l}{L}=i.$$

Questo valore di i, il quale non è altro che l'*allungamento elastico*, cresce anche fra dati limiti, proporzionalmente collo sforzo per unità di superficie della sezione $\frac{P}{A}$, ed il rapporto fra questo valore di $\frac{P}{A}$ e quello di i, ossia $\frac{P}{A\,i}$ è costante; detto rapporto usasi rappresentare colla lettera E, ossia:

$$E=\frac{P}{A\,i}$$

e chiamasi *coefficiente* o *modulo d'elasticità*.

Il valore di i in questa equazione rappresentando l'allungamento del prisma per metro lineare, se vuolsi riferire lo sforzo di trazione P al millimetro quadrato di sezione, ossia porre $A=1^{\text{mill. q.}}$ si avrà:

$$E=\frac{P}{i}.$$

Quanto si disse per la trazione devesi anche intendere per la compressione; cosicchè ciò che si riferisce agli allungamenti, si riferisce eziandio agli accorciamenti dovuti a sforzi di compressione.

Nell'impiego dei materiali in pratica, usasi, per mancanza di dati sufficientemente esatti sull'elasticità dei corpi, diminuire di una certa quantità il valore di E, ricorrendo ad un così detto coefficiente di sicurezza, che riduce il valore di E di $^1|_2$, $^1|_3$, $^1|_4$, ecc. Queste riduzioni, stabilite da usi pratici, sono essenzialmente arbitrarie; conoscendo invece per cadun corpo non solo il valore assoluto di E, ma ben anche lo sforzo massimo P e l'allungamento momentaneo massimo *i* corrispondente al limite d'elasticità, si potranno trarre conclusioni di somma importanza.

Se, per esempio, si considera il caso della cerchiatura delle bocche da fuoco, è importantissimo il conoscere il valore massimo di P per ogni speciale qualità d'acciaio, e ciò onde regolare la cerchiatura in modo da ricavarne il massimo utile. Può benissimo presentarsi il caso che per due cerchi, fatti con acciaio di qualità diverse, il valore di E sia uguale, cioè uguale il coefficiente d'elasticità, e nel tempo stesso, in uno di essi, i valori individuali di P e di *i* sieno doppi che nell'altro; è evidente in questo caso, che quello racchiudente in sè una somma di lavoro o di potenza molecolare doppia, potrà vantaggiosamente esercitare sulla parete esterna della bocca da fuoco, una compressione doppia di quella esercitata dall'altro.

Risultati esperimentali. — Definizioni.

Nelle ricerche esperimentali che formano l'oggetto di questa relazione, precipuo scopo essendo quello di studiare le leggi d'elasticità, si procedette per operazioni successive, sottoponendo i saggi a sforzi di trazione successivamente crescenti e determinati, misurando con cura gli allungamenti avvenuti sotto l'azione dello sforzo, che furon chiamati perciò *allungamenti momentanei;* quindi togliendo l'azione dello sforzo, e misurando nuovamente il corpo tornato allo stato di riposo; in questo caso, quando il saggio non ritornava completamente alla lunghezza primitiva, si notarono quelli che chiamaronsi *allungamenti permanenti*, e così di seguito, spingendo l'esperimento sino alla rottura. Dalla

riunione di questi dati pei diversi metalli, fu agevole di scorgere il valore del *limite d'elasticità* non solo, ma ben anche la legge d'elasticità oltre questo limite e sino alla rottura.

Così si compilarono specchi racchiudenti i risultati particolareggiati di ogni esperienza pei diversi metalli, e dall'esame di questi e dalle medie ricavate, si stabilirono utili ed interessanti confronti fra i metalli stessi.

Per facilitare poi lo studio dei risultati e per fare i paragoni senza ricorrere a calcoli di riduzione, si avvertì sempre di esprimere gli allungamenti momentanei e permanenti in un rapporto fisso, cioè in millesimi della lunghezza primitiva; perciò i confronti dedotti sono sempre *assoluti*. Oltre ciò si tracciarono le curve degli allungamenti totali momentanei, e talvolta anche degli allungamenti permanenti, prendendo per ordinate gli sforzi successivi e per ascisse gli allungamenti corrispondenti (1).

I dati esperimentali esistenti sulle leggi d'elasticità dei corpi permettevano di tener conto dell'elasticità solo fino a quel limite nel quale il corpo, cessando l'azione dello sforzo, riprendeva totalmente o quasi la sua lunghezza primitiva, limite che perciò chiamavasi *limite d'elasticità*. Vedremo però in seguito che, quand'anche il corpo abbia subito una modificazione molecolare sotto l'azione dello sforzo, ed abbia perduto la facoltà di riprendere totalmente la sua lunghezza primitiva, esiste sempre e fino alla rottura una potenza molecolare elastica; questa resistenza elastica propria, che chiamerò *elasticità speciale*, verrà espressa, per ogni sforzo, dalla differenza fra *l'allungamento totale momentaneo e l'allungamento totale permanente*, ed il valore assoluto di detta differenza verrà distinto sotto il nome di *allungamento elastico speciale*. Questo fatto, generalmente non avvertito, ha in certi casi una vera importanza, e dalle esperienze fatte potrassi dedurre una legge particolare che può avere conseguenze rilevanti in pratiche applicazioni.

Nella misura pratica degli allungamenti momentanei e permanenti di un solido sottoposto a sforzi di trazione successivi e crescenti, incontransi svariate difficoltà, fra cui la più grave è quella che per i metalli duri, come la ghisa, detti allungamenti, specialmente in vi-

(1) Alcune volte si presero per ordinate gli allungamenti, e per ascisse gli sforzi e ciò quando l'andamento delle curve riesciva più chiaro, come ad esempio nella Tav. 5ª.

cinanza del limite d'elasticità, sono assai piccoli, e perciò appena sensibili con istrumenti delicatissimi, capaci di segnare anche il centesimo di millimetro. Il modo di fissare i saggi solidamente, il sistema d'applicazione dello sforzo senza scosse ed in direzione dell'asse del solido, ecc., sono tutte difficoltà che si è tanto più prossimi ad eliminare, quanto più precisi e convenientemente adatti sono gli apparecchi impiegati.

Inconvenienti del sistema di esperienze per flessione.

Allo scopo di evitare le sovra indicate difficoltà, alcuni esperimentatori ricorsero all'impiego di forze trasversali; esperimentarono cioè a *sforzi di flessione* solidi prismatici incastrati, o semplicemente appoggiati per una o due delle loro estremità; riesce così di molto agevolata la misura delle *flessioni*, per essere queste molto maggiori che non gli allungamenti dello stesso solido, sottoposto a sforzi di trazione longitudinale. Le deduzioni però che se ne trassero non sono ammissibili, perchè basate su ipotesi inesatte.

Infatti, colle teorie ammesse per gli sforzi di flessione, si ritiene che la somma dei momenti delle sezioni delle singole fibre, relativamente alla linea delle fibre invariabili, è nulla, ossia che detta linea delle fibre invariabili passa per il centro di gravità della sezione, supponendo però *espressamente* che nel limite di elasticità gli effetti di trazione e di compressione siano uguali tra loro e proporzionali agli sforzi. L'estensione di questa ipotesi oltre il limite d'elasticità e fino al caso della rottura, colle conseguenti riduzioni arbitrarie di coefficienti di rottura, non pare sufficientemente giustificata.

A conferma di ciò, ricorderò che mentre pel passato fu già riconosciuto che oltre il limite d'elasticità, le resistenze alla trazione ed alla compressione non sono eguali (nella ghisa ad esempio, e secondo la specie, questa è da 3 a 5 volte quella), attualmente si sa, e queste esperienze lo confermarono, che anche entro il limite d'elasticità detta ipotesi è erronea. Conseguentemente è fuor di dubbio che i coefficienti di rottura e d'elasticità dedotti dalle formole ordinarie, nelle quali s'introducono i dati esperimentali della flessione, sono inesatti.

Scopo pratico delle esperienze.

Tralasciando adunque ogni considerazione sul sistema delle esperienze di flessione, ho scelto di preferenza il sistema di prova a trazione e compressione, cercando di vincere le difficoltà che presentano prove di questa specie, perfezionando i misuratori, i metodi esperimentali..., ecc. Per quanto fu possibile, ho cercato di esperimentare alla trazione longitudinale saggi di una grande lunghezza; ho pur tentato come vedrassi in seguito, di esperimentare a sforzi interni saggi di forma anulare, di stabilire dati di paragone sulla durezza dei metalli....., ecc.

Nell'esecuzione delle esperienze, si cercò di apportare la maggior precisione e cura possibile, limitatamente però allo scopo cui si mirava, scopo d'*indole essenzialmente pratico;* non si spinsero perciò gli studii e non s'impiegarono tutti quei mezzi che sarebbero necessari, quando dai dati esperimentali si volesse dedurre una *teoria matematica* delle varie leggi di resistenza dei metalli. In questo caso, per ottenere un risultato completo si richiederebbero ingenti spese, un numeroso personale ed alcuni anni di lavoro; sarebbe infatti necessario di tener conto di tutte le cause che potrebbero avere una qualunque influenza sui risultati delle esperienze, quali sarebbero ad esempio: la pressione atmosferica, la temperatura, lo stato elettrico, i diversi modi di applicazione degli sforzi, la loro durata, la loro esatta direzione, la misura dei prismi in più sensi (1)...., ecc., ecc.

Quando le esperienze mirano invece ad uno *scopo pratico*, come in questo caso, si possono senza tema di grave errore trascurare queste minute osservazioni, poichè, come lo vedremo in seguito, le differenze dovute alle varietà dei metalli di caduna specie, sono tali che superano di molto le differenze provenienti dalle cause sopracitate; e perciò tenendo conto tanto dei massimi quanto dei minimi negli esperimenti, i risultati che ottengonsi sono sufficienti per le applicazioni pratiche.

(1) Per dare idea della poca influenza di queste diverse cause, ed a cagion d'esempio, della pressione atmosferica, ricorderò che nelle esperienze dirette su prismi di vetro fatte dai signori Colladon e Sturm, sottoponendoli a sforzi di trazione, essi constatarono che per ogni atmosfera di pressione equivalente a chilogrammi 1,033 per ogni centimetro quadrato di superficie, avvi una contrazione cubica, ossia una diminuzione di volume di 0,0000165 di quello primitivo, che traducesi conseguentemente in un leggerissimo aumento nella forza elastica dei saggi.

Sulle stesse basi e con analogo criterio, il noto ingegnere inglese Kirckaldy eseguì le sue esperienze sulle varie qualità di ferro ed acciaio inglesi, esperienze di cui pubblicò in questi ultimi tempi gl'interessanti risultati, e le cui conclusioni finali ho creduto utile di riportare sotto forma d'*Appendice* in fine della presente Parte; poichè, mentre sono in ogni caso utili a conoscersi, possono servire a dare idea dell'importanza delle prove meccaniche eseguite su quelle basi per i varii metalli.

Descrizione sommaria delle osservazioni e delle leggi ricercate nelle esperienze.

Conchiudendo, che gli esperimenti da noi eseguiti furono diretti a ricercare in massima per i varii metalli e leghe i seguenti dati:

1° La misura degli allungamenti e degli accorciamenti totali *momentanei* e *permanenti* sotto l'azione di sforzi momentanei e successivamente crescenti sino alla rottura;

2° Il cofficiente d'elasticità;

3° La resistenza alla rottura, ossia la tenacità riferita tanto alla sezione *primitiva* del saggio quanto a quella *di rottura* (1), esperimentata nei due modi seguenti:

(1) La considerazione dello sforzo *riferito alla sezione di rottura* è assai importante, specialmente quando, come si vedrà in seguito, trattasi di saggi lunghi, poichè da essa ricavasi un criterio più esatto che non dall'allungamento alla rottura. Nei saggi corti, la misura dell'allungamento alla rottura non presenta gli errori inerenti al caso dei saggi lunghi; infatti in questi, gli allungamenti riferiti alla lunghezza dei saggi sono esatti finchè la rottura è alquanto lontana, poichè si può ammettere che l'azione degli sforzi agisca uniformemente per vincere la potenza molecolare dell'intero saggio; ma quando il saggio principia a subire un'alterazione di sezione, questa avviene inevitabilmente laddove, per difetti di preparazione dei saggi o per omogeneità meno perfetta, avvi una minor resistenza; ed allora l'allungamento, concentrandosi specialmente in vicinanza del punto ove succederà la rottura, cessa dal propagarsi proporzionalmente per tutta la lunghezza del saggio, e non è più perciò esattamente riferibile a detta lunghezza. La Figura 8ª della Tavola 1ª presenta, precisamente nel tracciato a linee, la porzione cilindrica d'un saggio nel quale venne tracciata, prima di sottoporlo a prove di trazione, una generatrice divisa in 14 parti uguali; il tracciato con linea piena rappresenta la forma dopo la rottura. Se si esaminano le divisioni della generatrice dopo la rottura, si vedrà il modo ineguale secondo cui l'allungamento si è ripartito su tutta la lunghezza del saggio, mentre esso fu quasi doppio fra le divisioni 1 e 3 (a destra del 0) ove verificossi la rottura. Oltreciò l'alterazione elastica, che avviene in modo assai maggiore in vicinanza del punto di rottura che non negli altri punti, è resa meno palese nei saggi lunghi, essendo essa dissimulata dalla forza elastica conservata dalle altre parti del saggio.

Alcune volte succede eziandio che gli allungamenti non si verificano in una sola zona, ma bensì in due od anche più, come rilevasi dalle esperienze dell'ingegnere Kirckaldy.

a) Sottoponendo ciascun saggio a determinato sforzo di trazione, quindi togliendo l'azione dello sforzo, e lasciando il saggio ritornare allo stato di riposo; ricominciando quindi con uno sforzo maggiore e crescendo così successivamente gli sforzi (generalmente di uno in uno o di due in due chilogrammi per millimetro quadrato della sezione primitiva) sino alla rottura;

b) Sottoponendo i saggi a sforzi di trazione gradatamente crescenti e continuati sino alla rottura;

4° La sezione di rottura il cui rapporto con quella primitiva è in certo modo dipendente e perciò collegato al grado di durezza del metallo;

5° Le leggi che regolano l'*elasticità speciale* basata sull'*allungamento elastico speciale*, ossia sulla differenza fra l'allungamento totale *momentaneo* e quello totale *permanente;*

6° Il massimo allungamento prima della rottura, il quale fornisce un dato utile per giudicare della malleabilità del metallo, e trovasi eziandio in relazione colle variazioni della sezione di rottura;

7° I massimi ed i minimi per alcune specie di metallo, potendosi così giudicare della maggiore o minor loro omogeneità in ragione del maggior o minor divario risultante fra di essi;

8° Le densità apparenti ed assolute dei saggi;

9° L'analisi chimica delle leghe esperimentate.

Si eseguirono altresì diversi esperimenti di genere speciale; ma di questi indicherò a tempo e luogo, nel corso di questa relazione, lo scopo ed il modo d'esecuzione.

Titolo II.

SAGGI ESPERIMENTALI — LORO FORMA E PREPARAZIONE

Le forme e dimensioni dei saggi esperimentali influendo notevolmente sui risultati che si ottengono nelle esperienze, devono essere accuratamente studiate e determinate, non solo in ragione del genere di ricerche e di prove che vogliónsi eseguire, ma bensì anche della specie del metallo da esperimentarsi.

Qualora le esperienze sieno dirette allo scopo di ricercare le leggi d'elasticità, e conseguentemente il coefficiente d'elasticità, è necessario che i saggi sieno di una lunghezza crescente colla durezza del metallo da esperimentarsi; ed in ogni caso questa lunghezza dev'essere la massima possibile, onde si possa con maggior esattezza scorgere il momento nel quale gli allungamenti o gli accorciamenti permanenti principiano a manifestarsi, cioè quando l'elasticità incomincia ad essere alterata.

Se invece le ricerche sono esclusivamente dirette alla determinazione dello sforzo di rottura, la lunghezza del saggio può essere più limitata; ad ogni modo però la lunghezza e la sezione longitudinale del saggio devono essere appropriate al metallo da esperimentarsi.

Non devesi finalmente dimenticare che qualora si vogliano paragonare i risultati esperimentali in modo assoluto, è necessario che il numero e l'intensità degli sforzi, non che le forme e dimensioni dei saggi sieno perfettamente identici fra loro.

Questa scelta della forma e delle dimensioni dei saggi essendo perciò assai importante, credo utile di esporre quali sieno i diversi tipi adottati in alcune officine estere, prima di descrivere i modelli che, presso la Fonderia di Torino, servirono alle esperienze formanti l'oggetto della presente relazione.

Saggi adottati negli Stati Uniti.

Servivano ad esperienze dirette alla sola ricerca dello sforzo di rottura. Il saggio indicato a Tav. I^a, Fig. 1^a, serviva per la ghisa, e quello Fig. 2^a, per il ferro, acciaio e bronzo.

Saggio adottato nelle officine del signor Krupp.

Nelle officine del signor Krupp il saggio adottato per l'acciaio fuso è quello indicato nella Tav. I^a, Fig. 3^a. Esso serviva per la ricerca delle proprietà elastiche e dello sforzo di rottura.

Saggio impiegato dai signori Montefiore-Levi.

I signori Montefiore-Levi nelle loro esperienze sul bronzo fosforoso si servirono del modello di saggio indicato nella Tav. I^a, Fig. 4^a. In quelle esperienze, si ricercarono le proprietà elastiche e lo sforzo di rottura di quel metallo.

Saggi impiegati nell'Arsenale di Woolvich.

In generale, nelle esperienze per trazione direttamente alla rottura che si fanno nell'Arsenale di Woolvich, i saggi hanno la forma indicata nella Tav. I^a, Fig. 6^a. Per le esperienze speciali sui tubi d'acciaio da inserirsi nelle bocche da fuoco, i saggi hanno le forme indicate a Tav. I^a, Fig. 5^a (1).

Saggi adottati dalla Direzione della Fonderia di Torino.

I diversi modelli di saggi adottati alla Direzione della Fonderia di

(1) È da osservarsi che la forma del saggio adottato all'Arsenale di Woolvich (Tav. 1^a, Fig. 6^a) ha una sezione di rottura assai diversa da quella del fusto, per cui detta sezione riescendo notevolmante rafforaata lateralmente, dà per gli stessi metalli risultati maggiori di quelli che ottengonsi colla forma Americana (Tav. 1^a, Fig. 2^a).

Lo stesso acciaio Bessemer esperimentato dal colonnello Wilmot all'Arsenale di Woolvich con saggi della forma della Fig. 6^a, diede una resistenza media alla rottura di 153677 libbre inglesi per pollica quadrato della seziene, mentre che esperimentato dall'ingegnere Kirckaldy con saggi della forma dalla Fig. 7^a, la resistenza media alla rottura fu di 114460 libbre per pollice quadrato. In questo caso vedesi che la diversità di forma del saggio produsse una variazione di resistenza nel rapporto : : 138 : 100, ossia che la forma della Fig. 6^a paragonata a quella della Fig. 7^a produce un aumento di resistenza dal 38 p. %.

Questa quistione dell'influenza della forma del saggio fu oggetto di una viva polemica coll'Arsenale di Woolvich, e fu ampiamente svolta dall'ingegnere Kirckaldy; ed allo scopo di dimostrare la notevole variazione di resistenza, si tracciarono dei circoli nel saggio come viene indicato nella Fig. 7^a, dove il tracciato *a b c d* rappresenta la forma del saggio prima d'essere cimentato, e quello *a' b' c' d'* dopo la rottura. Risultò così chiaramente, che la tenacità diminuisce a misura che il raggio della superficie di raccordamento colle teste aumenta, e per i saggi cilindrici è minore che per quelli rinforzati in siffatto modo.

Torino sono indicati nella Tav. II^a. Si dividono in due gruppi di cui uno per le esperienze di *trazione* e l'altro per quello *di compressione.*

Saggi per esperienze di trazione.

1° Ferro-acciaio-bronzo. — Saggi Fig. 1^a e 2^a. La lunghezza della parte cilindrica l è variabile ed è indicata nella figura. I saggi possono essere interamente torniti colle proprie teste, oppure con queste fatte a vite; quest'ultimo metodo è più pratico quando i saggi sono di considerevole lunghezza;

2° Ferro-ferro acciaioso-acciaio. — Saggi Fig. 3^a e 4^a. I saggi pari al modello rappresentato nella Fig. 3^a possono avere le teste sia lavorate al tornio che fatte a vite.

Il saggio della Fig. 4^a viene preparato alla lima essendo di sezione rettangolare. Le teste sono fatte a vite.

Questi diversi saggi (Fig. 1^a, 2^a, 3^a e 4^a) possono servire indistintamente, a seconda della lunghezza della parte cilindrica l, per esperienze eseguite *successivamente sino alla rottura*, cioè per ricercare le proprietà elastiche, oppure *direttamente alla rottura*, per ricercare cioè semplicemente lo sforzo di rottura.

3° Ghisa: Saggi Fig. 5^a, 6^a, 7^a, 8^a. I saggi indicati dalle Fig. 5^a e 8^a servono per le esperienze eseguite successivamente sino alla rottura e quelli delle Fig. 6^a e 7^a per quelle eseguite direttamente alla rottura. Sono tutti intierameute foggiati col tornio.

Saggi per esperienze di compressione.

Ghisa od altri metalli. — I saggi destinati alle esperienze sulla ricerca delle proprietà elastiche, sono foggiati come viene indicato dalle Fig. 9^a, 10^a, 11^a; i saggi hanno la stessa sezione, ma diverse lunghezze, e corrispondenti a 2, 4 e 7 volte il diametro. Per quelle limitate alla rottura sono foggiati come è indicato dalle Fig. 12^a, 13^a e 14^a; questi saggi avevano sempre una lunghezza costante di 2 volte il diametro, ma variavano di sezione, secondo la specie dei metalli ed il genere di prova a cui erano sottoposti. Sono tutti intieramente foggiati con lavoro di tornio.

Nel seguente specchio sono indicate le dimensioni dei saggi, colle loro tolleranze; esse si verificavano con apposite sagome.

DIMENSIONI DEI SAGGI

FORMA DEI SAGGI	Diametro della parte cilindrica d	Sezione normale della parte cilindrica s	Lunghezza della parte cilindrica l	Tolleranze nelle dimensioni
PER ESPERIENZE DI TRAZIONE	millimetri	millim. quad.	millimetri	
Fig. 1ª	17,85	250	0	
			30	
			200	
			500	
id. 2ª	25,20	500	0	
			200	
			1000	
id. 3ª	25,20	500	0	
			200	
			1000	Nelle dimensioni lineari dei saggi avvi una tolleranza di: millimetri 0,05 in più id. 0,05 in meno
id. 4ª (a)	30,0×20,0	600	200	
			500	
			1000	
id. 5ª	17,85	250	30	
id. 6ª			0	
id. 7ª	30,85	750	0	
id. 8ª			1000	
PER ESPERIENZE DI COMPRESSIONE				
Fig. 9ª	25,20	500	75,6	
id. 10ª			100,8	
id. 11ª			176,4	
id. 12ª	16,00	200	32,0	
id. 13ª	22,60	400	45,2	
id. 14ª	25,20	500	50,4	

(a) Sezione normale rettangolare.

Titolo III.

MACCHINA PER LE ESPERIENZE DI RESISTENZA

La macchina esistente presso la Direzione della Fonderia di Torino fu costrutta dai signori Greemwood e Batley di Leeds, secondo il tipo di quella dell'ingegnere Kirckaldy di Londra, ed è capace di produrre uno sforzo massimo di chil. 112000 circa; in pratica però non conviene oltrepassare quello di 82000.

Lo scopo della macchina consiste nel fornire i mezzi pratici di sottoporre i corpi a sforzi successivi e determinati. Questi sforzi possono esercitarsi per trazione longitudinale, per compressione, per flessione e e per torsione.

Il principio generale della macchina sta in ciò, che essa esercita lo sforzo mediante un grosso stantuffo messo in moto da una tromba aspirante-premente, il quale agisce sopra una delle estremità del saggio, mentre all'altra estremità lo sforzo è contrastato dall'azione di un sistema di leve, che termina ad una stadera graduata, sulla quale scorre un peso che equilibra e misura lo sforzo. La direzione dello sforzo ha sempre luogo secondo l'asse del saggio, e l'entità dello sforzo stesso viene esattamente valutata dalla posizione del peso scorrevole sulla stadera, senza pericolo d'errori o necessità di calcoli.

Descrizione della macchina.

Tav. III^a, Fig. 1^a, 2^a, 3^a, 4^a.

La parte fissa della macchina consta dapprima di un banco di ghisa A, basato sopra solide fondamenta, e sul quale può scorrere un carretto F. Ad un'estremità elevasi un robusto castello B, contenente uno strettoio

idraulico, ed all'altra un grosso sostegno B', solidamente rilegati insieme superiormente dalle 2 colonne orizzontali D. Il sostegno B' sorregge il fulcro della grossa leva H, la quale è in comunicazione colla stadera graduata L, il cui fulcro è portato da un ritto in ghisa C.

La macchina si compone adunque di tre parti principali, che descriveremo *dettagliatamente* e che sono:

Lo strettoio idraulico;

Il carretto;

Il sistema delle leve.

Nel descrivere successivamente queste varie parti, accenneremo pur brevemente in qual modo esse agiscano, quando la macchina vien posta in azione, supponendo che si tratti d'un esperimento per trazione.

Strettoio idraulico (Tav. III^a. Fig. 1^a, 2^a, 3^a, e 4^a). — Lo strettoio idraulico contenuto nel castello B è situato ad un'estremità della macchina. Il motore consiste in tre corpi di tromba aspiranti-prementi orizzontali *p p p* messi in moto da tre eccentrici *e e e* situati sullo stesso asse. L'olio contenuto nel serbatoio O, aspirato dalle trombe, passa pel tubo *b* nell'estremità chiusa del grosso cilindro E, spinge lo stantuffo G da destra a sinistra e comunica il movimento alla grossa testata T che fa corpo collo stantuffo.

Si mettono in moto le trombe col mezzo di due volanti con manubrio V aventi sul loro asse comune un piccolo rocchetto *d*, il quale ingrana in una ruota dentata *a* che trovasi sull'asse stesso degli eccentrici cui sono uniti gli stantuffi delle trombe.

Una valvola di sicurezza *v* è tenuta chiusa dalla leva *l* munita di un peso scorrevole, regolato in modo che quando trovasi all'estremità della leva fa equilibrio alla massima pressione, che sarebbe di chil. 112000; benchè, per la buona conservazione della macchina, come già fu detto, non convenga oltrepassare quella di 82000.

Per far cessare lo sforzo, ossia togliere la pressione, non si ha che a sollevare la leva ed aprire la valvola: il liquido passando pel tubo *b* rientra nel serbatoio, spinto dallo stantuffo nel modo che sarà in seguito indicato.

Volendo porre in azione le trombe, si collocano gli uomini lateralmente, facendoli agire sui manubrii dei volanti. Il liquido compresso

spinge lo stantuffo e quindi la testata T, la quale porta quattro tiranti S, che attraversando il castello B ed il carretto, vanno ad unirsi due a due e verticalmente alle traverse T' T'. Fra queste ed il carretto F si dispongono appositi manicotti di ghisa *m, m, m, m*, in modo da riempiere il vano fra le traverse ed il carretto, a seconda delle posizioni richieste dalle varie lunghezze dei saggi; cosicchè il movimento del grosso stantuffo dello strettoio comunica il movimento da destra a sinistra alle traverse, e premendo sui manicotti di ghisa trascina il carretto dalla stessa parte (1).

Carretto. — Il carretto F è di ghisa, e munito di quattro rotelle poggianti sulle rotaie del banco; come fu detto sopra, esso è attraversato dai quattro grossi tiranti S, che lo uniscono alla testata T, dalla quale riceve il movimento per mezzo dei manicotti *m, m*, che determinano la posizione del carretto in relazione alla lunghezza del saggio.

Il carretto ha un vano interno in cui passa verticalmente un grosso

(1) Il diametro degli stantuffi delle pompe è di millimetri 25,4, cioè un pollice inglese.

Il diametro del stantuffo C è di millimetri 190, e quello della valvola di sicurezza di millimetri 6,3 per cui il rapporto delle loro sezioni è di 909,568.

Il peso della leva sulla valvola è di chilogrammi 6,800, e quelle scorrevole di chilog. 9,033.

L'asse della valvola dista dal perno di rotazione della leva di mill. 37,1 (cioè un pollice e $^1/_2$) ed il peso scorrevole scorre lungo la leva che porta una graduazione. La 1ª tacca è a mill. 152,4 (6 pollici) dall'asse della valvola, e le altre distane fra loro di millim. 38,1.

Nella tabella seguente, per ogni distanza, si hanno le pressioni esercitate sulla valvola di sicurezza e sulle stantuffe della macchina.

TABELLA delle varie pressioni esercitate sulla valvola di sicurezza e sullo stantuffo della macchina a provar metalli.

INDICAZIONI DELLE DISTANZE DALL'ASSE DELLA VALVOLA	Pressione totale sulla valvola	Pressione per cent.ⁱ quadrato	Pressione per pollice quadr.	Pressione totale sullo stantuffo
millimetri	chilogrammi	chilogrammi	chilogrammi	chilogrammi
0 mill. (asse della valvola) Sola leva	6,800	21,816	140,737	6185,272
152,4 » 1ª Divis. Leva a romano	51,965	166,716	1075,502	47267,322
190,5 » 2ª »	60,998	195 698	1262,455	55483,732
228,6 » 3ª »	70,031	224,676	1449,408	63700.142
266,7 » 4ª »	79,064	253,656	1636,361	71916,552
304,8 » 5ª »	88,097	282,636	1823,314	80132,962
342,9 » 6ª »	97,130	311,616	2010,267	88349,372
381,0 » 7ª »	106,163	340,596	2197,220	96565,782
419,1 » 8ª »	115,196	369,576	2384,173	104782,192
457,2 » 9ª »	124,229	398,556	2571,126	112998,602

perno d'acciaio P, unito, per mezzo di un'asta Q, alla morsa M. Questa porta il saggio *s* se trattasi di *trazione;* trattandosi di *compressione*, vi è incastrato un robusto cuscinetto su cui appoggia il saggio. Per gli esperimenti sulla flessione, il saggio si appoggia a due risalti laterali del carretto, come vedremo più dettagliatamente trattando dell'impiego della macchina nei varii esperimenti.

Resta intanto stabilito che: il carretto trascinato dalla testata porta una delle estremità del saggio e gli comunica lo sforzo, mentre l'altra estremità del saggio, sostenuta dalla morsa M', è riunita da un'asta Q' al perno P', situato verticalmente in un pezzo a forchetta G; questo contrasta e trasmette lo sforzo prodotto sul saggio alla leva finale L, come verrà in seguito descritto.

Affinchè nel cessar dello sforzo, ossia nell'aprirsi della valvola, lo stantuffo sia obbligato a rientrare nel cilindro e lasci libero il saggio da ogni sforzo, all'estremità dei due tiranti inferiori sono attaccate le catene X, le quali, passando su due rotelle, attraversano la volta e portano dei contrappesi regolati in modo da fare esattamente equilibrio all'attrito del carretto sulle rotaie, ed alla resistenza dello stantuffo.

Per rinforzare la macchina e renderla più rigida, come già fu indicato, il corpo della tromba è solidamente riunito alla parte opposta della macchina che porta il sistema della leva, per mezzo delle due colonne orizzontali D D.

Leva. — La leva H è formata da una robusta asta d'acciaio piegata a gomito verso il basso. Il braccio minore porta due fulcri *g* ed *o;* quello orizzontale e assai più lungo, un altro fulcro in *h;* la linea che passa per gli spigoli dei fulcri *g* ed *o* e va in *h*, forma un angolo retto in *o*.

I fulcri *g* servono d'appoggio a due tiranti I uniti con perno al pezzo a forchetta G, e sopportano tutto lo sforzo fatto dallo strettoio, trasmettendolo al fulcro *o* che contrasta nel grosso sostegno verticale B'.

Il pezzo a forchetta G, ed i due tiranti I, sono sorretti ai due lati da parallelogrammi *x, z, y*, formati da aste con coltelli ai punti di contatto, e poggiati al corpo della macchina sui punti *y* e *z*, per cui il peso di questo congegno di trasmissione non ha influenza alcuna sugli sforzi prodotti.

Il sistema d'unione delle aste che comunicano lo sforzo alla leva e

da questa alla stadera, è fatto a coltelli, coi rispettivi cuscinetti tutti d'acciaio temperato, onde gli attriti riescono pressochè nulli.

Il braccio *o h* della leva essendo dieci volte maggiore del braccio *o g*, lo sforzo misurato in *h* sarà dieci volte minore di quello realmente prodotto in *g*.

Per misurare lo sforzo, avvi una stadera graduata L con fulcro in *q*, ed altro in *f:* la stadera è unita alla leva H per mezzo dell'asta verticale K, che riunisce il punto d'applicazione in *f* con quello in *h:* un contrappeso N equilibra perfettamente la stadera e l'asta K sul fulcro *q*, per cui hassi realmente a misurare il solo sforzo fatto in *f*.

Un romano a carretto con indice scorre sull'asta graduata, e misura lo sforzo quando la leva è prossima alla sua posizione d'equilibrio.

Essendo la macchina in azione, la leva H è attratta nel punto *g* ed agisce nel fulcro *o*, per cui il punto *h* si abbasserà e per mezzo dell'asta K, la stadera verrà a sollevarsi ed a segnare per mezzo del romano lo sforzo prodotto.

Il sollevarsi dell'estremità R dell'asta graduata è limitato a mill. 45. La distanza R dal fulcro *q* è circa 22 volte e $^1/_2$ quella del fulcro *q* al punto *f*, per cui questo punto *f* e conseguentemente la leva nel punto *h* si abbasserà di soli 2 millimetri; e siccome la distanza *oh* è dieci volte la distanza *o g*, basterà un movimento orizzontale del punto *g* di due decimillimetri per fare abbassare il punto *h* di due millimetri. Per si breve corsa si può considerare questo piccolo movimento dei punti *g* ed *h* come fatto secondo una retta, e la curvatura del tratto percorso non può avere influenza rilevante sulla misura degli sforzi.

La stadera è divisa in venti parti uguali alla distanza *q f*, ed ognuna di queste in altre dieci, per cui si ha una graduazione di 200 divisioni.

Per la misura dello sforzo, si dovrebbe moltiplicare dieci volte il peso del romano per la divisione segnata; e ad evitare sbagli o dimenticanze si è tenuto conto di siffatte moltiplicazioni nei numeri della graduazione stessa, per cui per avere la misura dello sforzo, basterà moltiplicare il peso del romano per il corrispondente numero delle divisioni; così se per esempio il romano fosse alla divisione 100 e pesasse chilogr. 50, lo sforzo fatto alzandosi l'asta graduata sarebbe di chilogr. 5000.

Il romano U è composto di un piccolo carretto ad indice che porta un piattello sul quale si dispongono i pesi.

Il carretto del romano è mosso da un volantino con rocchetto, il quale ingrana con una ruota dentata imperniata sullo stesso asse di una puleggia, che riceve una corda senza fine unita al carretto e che passa su di altra puleggia all'estremità opposta della stadera.

Prima di cominciare l'esperimento, si dispongono i convenienti pesi sul piattello del romano, e nel corso dell'esperimento si ha cura di far camminare il carretto in modo da aver sempre la stadera in bilico, e da poter segnare le diverse variazioni subìte dal saggio sottoposto a determinati sforzi.

Impiego della macchina per le varie specie di prove.

Esperimenti di trazione diretta. — Per eseguire esperimenti alla trazione, si dispone la macchina in modo che il saggio da provare si trovi situato fra il carretto ed il pezzo a forchetta *G* come si rileva dalla Tav. III^a, Fig. 1^a e 2^a.

Il saggio, generalmente di sezione circolare, potrà pur essere di sezione quadrata o rettangolare, purchè tale sezione sia costante per tutta la lunghezza del saggio su cui si eseguisce lo sperimento. Le estremità del saggio sono cilindriche e foggiate a testa, oppure fatte a vite e munite di relativi dadi, che s'incastrano nelle apposite morse e servono di ritegno allorchè il saggio è sottoposto a trazione. Le forme e dimensioni dei saggi esperimentati furono già indicate al titolo 2°.

La morsa (Fig. 1^a, Tav. IV^a) si compone di due mezzi tronchi di cono d'acciaio AA uguali e perfettamente combacianti fra loro, e che hanno internamente un incavo *a*. Il saggio *s* è collocato colla testa *t* nel vuoto interno e minore della morsa aperta, la quale riceve contemporaneamente la testa *q* del tirante Q imperniato in P nel carretto: si sovrappone l'altra metà della morsa, e quindi essendo essa leggermente conica alla superficie esterna dalla parte del saggio, le due parti sono mantenute solidamente unite, per mezzo di un anello M spinto a forza con un mazzuolo di legno.

Altra morsa identica riunisce l'altra estremità del saggio al tirante Q', unito alla forchetta G del perno P' (Tav. III^a, Fig. 1^a).

Le dimensioni delle morse variano con quelle del saggio, essendo le dimensioni delle teste del saggio stabilite a seconda della sezione di prova.

Si è poi riconosciuto utile (allorchè i saggi sono di ferro o d'acciaio) il fissarli alle morse con dadi avvitati alle estremità, per evitare con tal mezzo di dover fucinare le teste dei saggi, operazione che può recare variazione alla fibra del metallo.

Le morse servono ugualmente, e gli stessi dadi possono pure servire per saggi di sezioni alquanto diverse, purchè di uguali dimensioni d'avvitamento.

Per fissare il saggio, converrà anzitutto disporre il carretto nella conveniente posizione, ed unirlo ai quattro tiranti per mezzo degli appositi manicotti di ghisa *m m*, *m' m'*, posti relativamente davanti e dietro il carretto stesso, come appunto rilevasi nella Tav. 3^a.

A seconda poi degli sforzi che voglionsi eseguire e della sezione del saggio, si stabiliranno il peso del romano e le divisioni corrispondenti agli sforzi voluti. E così pure si dovranno disporre i misuratori necessari ad indicare gli allungamenti.

Disposta in tal modo la macchina, si mette in azione lentamente onde non oltrepassare il primo sforzo che si vuole eseguire il quale è segnato dall'innalzamento dell'estremità R della leva. Giunti a tal punto, si misura l'allungamento momentaneo del saggio con uno dei mezzi che vedremo in seguito; sollevata quindi la valvola di sicurezza, il saggio, col cessare dello sforzo, riprende la sua posizione di riposo, e si può allora misurare l'allungamento permanente se ve ne ha. Proseguendo gradatamente l'operazione con sforzi successivamente crescenti, si misureranno gli allungamenti relativi. Il limite d'elasticità del saggio corrisponderà al punto in cui si manifesterà un allungamento permanente. Aumentando successivamente gli sforzi, si giungerà alla rottura.

Volendo addivenire direttamente alla rottura del saggio, o solo misurarne gli allungamenti momentanei corrispondenti a determinati sforzi, si eseguirà l'operazione nello stesso modo, avvertendo solo di non far cessare lo sforzo, ma di protrarlo sino a che avvenga la rottura, annotando se ne sarà il caso, gli allungamenti momentanei.

È necessaria una certa pratica per parte di chi maneggia il romano, e degli uomini che agiscono alla tromba, perchè la stadera si trovi ognora in bilico durante l'azione e non si oltrepassino gli sforzi determinati.

E così pure si dovrà leggere con molta attenzione l'allungamento momentaneo corrispondente ad uno sforzo determinato.

Negli esperimenti per riconoscere il limite d'elasticità, converrà usare speciale attenzione e cominciare con un piccolo peso per millimetro quadrato della sezione, peso che può ritenersi di 1 chil. e procedere ognora di chilogramma in chilogramma, annotando accuratamente gli allungamenti momentanei e permanenti corrispondenti agli sforzi, per ben rilevare poi lo sforzo sotto cui comincia a manifestarsi un allungamento permanente.

Si deve pure avvertire di far cessare lentamente lo sforzo, onde non succedano urti che possano alterare i risultati e recare danno agli strumenti misuratori; ciò che si otterrà, sollevando lentamente il contrappeso della leva che agisce sulla valvola di sicurezza.

Esperimenti di trazione interna su anelli (Tav. IV^a, Fig. 2^a). — Se dentro un anello, il cui interno sia ridotto sul tornito a forma di cilindro esatto si adatta un cilindro di precise dimensioni e diviso in due parti con un piano normale alla direzione dello sforzo di trazione, e quindi si riunisce solidamente uno dei mezzi cilindri al carretto e l'altro al pezzo a forchetta della macchina, facendo agire la macchina stessa come per le prove alla trazione, si potrà allargare l'anello, sottoponendolo così a sforzi di trazione interna.

Le sustituzioni arrecate ai pezzi della macchina per eseguire questi esperimenti sono le seguenti:

Due piastre di acciaio R′ R sono disposte orizzontalmente nel vano del carretto F ed attraversate ad un'estremità dal solito perno d'acciaio P. Nella parte interna delle altre loro estremità hanno gli incavi *a*, nei quali vengono ad inserirsi i risalti di un semi cilindro *b* d'acciaio, solidamente rilegato alle piastre dalla chiavarda *d*, che attraversa il semi cilindro e le due piastre. Uguale apparato è portato dal perno P′ della forchetta G.

Per sostenere tutto il congegno, alle piastre inferiori sono applicati i sostegni A, muniti alla loro estremità inferiore di una rotella appoggiata sul banco della macchina.

Ora, se ai due mezzi cilindri d'acciaio a, a' che fanno l'ufficio di maschi, si adattano esternamente altri due mezzi cilindri di ghisa C, C' aventi per diametro esterno quello interno dell'anello da esperimentarsi O, si scorge come, mettendo in moto la macchina, i due mezzi cilindri d'acciaio muoveranno in senso contrario, scostandosi l'uno dall'altro e trascinando seco quelli di ghisa, e si produrrà così lo sforzo di trazione interna sull'anello.

Per mettere a posto le diverse parti per l'esperimento, si procede nel modo seguente:

Collocate le piastre inferiori ed i due mezzi cilindri interni a a', si dispongono attorno a questi i due semi-dischi di ghisa C C' di diametro corrispondente a quello interno del cerchio da provare, ed attorno a questi il cerchio stesso O. Infine si mettono a sito le piastre superiori e si uniscono ognuna colle inferiori e col semi-cilindro per mezzo delle chiavarde a dado d d', che attraversano l'intero sistema, il quale viene a formare per tal modo un solido congegno.

Si mette la macchina in azione come già si è detto per la precedente prova, avendo cura nel corso delle operazioni di tener conto della doppia sezione del cerchio, e dell'allungamento segnato dal moltiplicatore, che si dovrà raddoppiare per avere quello dell'intiera circonferenza del cerchio.

I misuratori degli allungamenti sono poi adattati coi punti di contatto sulle piastre superiori.

Si possono in tal modo provare cerchi od anelli di qualunque metallo ed avere dati sugli sforzi di elasticità e di rottura, non che sugli allungamenti momentanei e permanenti corrispondenti a sforzi determinati. I risultati sono però da ritenersi speciali a questo genere di prove; nondimeno come si vedrà in seguito, possono servire utilmente ad esperimenti di confronto, ma non certo come dati assoluti sulle proprietà del metallo esperimentato.

Esperimenti di compressione (Tav. IV^a, Fig. 3^a). — Per questi esperimenti la macchina dev'essere disposta in modo diverso, e di cui finora non abbiamo discorso, giacchè il saggio deve trovarsi fra il carretto e lo strettoio.

La disposizione speciale e comune a tutti gli esperimenti di compressione, è la seguente.

Si adattano, superiormente ed inferiormente alla forchetta, due robuste aste T orizzontali e tenute unite alla forchetta G collo stesso perno P': queste aste si prolungano dalla parte opposta sin presso allo strettoio, e sono fermate dal perno d'acciaio P (lo stesso che attraversa il carretto nelle prove di trazione) ad un ceppo di ghisa C. Il ceppo e le due grosse aste sono mantenuti orizzontali da una piccola asta verticale *g*, munita inferiormente di un coltello, sul quale appoggia la grossa asta inferiore avente un prolungamento *a*; l'asta *g* è sorretta superiormente da una traversa *t t*, che si appoggia sulle due colonne orizzontali DD. Il saggio *s* da sottoporsi allo sforzo di compressione vien collocato orizzontalmente fra il ceppo C ed altro C' inserto nel vano del carretto F. Occorre avvertire che il carretto dev'essere postato alla distanza conveniente e quindi fissato coi manicotti *m m* adattati ai tiranti che riempiono l'intervallo fra il carretto e le traverse T', e con quelli *m'* disposti dalla parte opposta per mantenere il carretto solidale ai tiranti S. Il saggio non appoggia però direttamente contro il ceppo ed il carretto; ma bensì contro appositi cuscinetti.

Qui, è opportuno far una distinzione fra due specie di esperimenti per compressione cui può esser sottoposto il saggio, cioè compressione libera e compressione in matrice. Nella prima, il saggio essendo appoggiato solo alle sue due estremità, sotto l'effetto della compressione può liberamente deformarsi; nella seconda essendo mantenuto in apposita matrice, può solo accorciarsi senza deformarsi.

Per la compressione in matrice, si dispone il saggio *s* (Fig. 5ª) in un tronco di cono d'acciaio temperato *a* diviso longitudinalmente in due parti perfettamente combacianti, ed avente un vano interno cilindrico di diametro uguale a quello del saggio. Le due metà del tronco di cono sono quindi solidamente riunite cacciando a forza l'anello esterno A: due piccoli stantuffi *b b'* d'acciaio temperato sono inserti nel vano interno del tronco di cono, colle capocchie rivolte all'esterno, ed appoggiantesi ai cuscinetti *d d'*. Il cuscinetto d'acciaio temperato *d'* occupa un vano disposto appositamente nella faccia interna del ceppo C' inserto nel vano del carretto F; l'altro cuscinetto è ugualmente incastrato nel ceppo C, unito alle aste T.

Mettendo in azione la macchina, il carretto è spinto verso lo strettoio; cioè, esso trovasi premuto dai manicotti spinti in quella direzione dalle

traverse T' comandate dai tiranti dello strettoio, e spinge a sua volta il piccolo stantuffo *b'*, trasmettendo lo sforzo al saggio *s*, quindi all'altro stantuffo *b* sin contro il ceppo C, il quale trasmette lo sforzo alla forchetta G e viene finalmente a riferirlo alla stadera.

Devesi ancora avvertire, che per mantenere il ceppo C esattamente nella sua posizione, vi sono due mensole di ghisa M M disposte lateralmente e fissate solidamente al carretto; il ceppo ha due scanalature laterali, nelle quali penetrano le faccie interne delle mensole, e rimane così guidato mentre scorre.

Per la compressione libera operasi in ugual modo ponendo il saggio direttamente fra i due cuscinetti *d d'* come vedesi nella Fig. 3ª.

Per rilevare gli accorciamenti, il relativo misuratore è fissato o fra i due cuscinetti o fra i sostegni dei medesimi, e serve a misurare tanto gli accorciamenti momentanei che quelli permanenti.

Esperimenti di flessione (Tav. IVª, Fig. 4ª). — Per le prove di flessione la macchina è disposta come per la compressione. La sbarra da esperimentarsi *s* appoggia colle sue estremità su due mensole laterali M M a coltello, unite con chiavarde al carretto, e col centro contro lo stesso ceppo C delle prove a compressione, avente invece del cuscinetto *d'* un coltello d'acciaio arrotondato *o*, il quale appoggia contro il saggio.

Ponendo la macchina in azione, le estremità del saggio sono spinte dal carretto, mentre il centro è trattenuto dal coltello *o* e quindi vi ha flessione.

Le saette d'inflessione momentanee e permanenti, saranno segnate dal movimento stesso del carretto nel fare agire la macchina o nel cessare dello sforzo, e possono essere misurate.

Esperimenti sulla durezza. — Gli esperimenti sulla durezza si eseguiscono colla macchina disposta come per le prove già descritte di compressione, salvo le seguenti modificazioni speciali indicate alla Fig. 6ª. Al ceppo C si adatta un cuscinetto *d'''*, il quale riceve un coltello d'acciaio temperato *b* di forme speciali e determinate, ed innestato in un porta coltello *a*. Se il saggio è di forma parallelepipeda, lo si farà semplicemente appoggiare sul cuscinetto del carretto; se invece trattasi di misurare la durezza della testa di un saggio cilindrico già stato esperi-

mentato alla trazione, si avrà un cuscinetto d'' con un foro di adattate dimensioni per ricevere il fusto del saggio s.

Nel porre la macchina in azione il coltello penetra nel saggio, e dalla lunghezza dell'intaglio sotto uno sforzo determinato, si deduce il grado relativo di durezza del metallo.

Il coltello usato negli esperimenti alla durezza (Fig. 7ª) è fatto in forma di piramide quadrangolare a base romboidale. Gli angoli al vertice secondo le sezioni che passano per due spigoli opposti sono uno di 163°, l'altro di 90°.

Per paragonare tra loro le durezze, si partì dalla base ch'esse sono inversamente proporzionali al volume dell'incavo prodotto dall'impressione del coltello, principio pure ammesso nelle esperienze americane.

Per stabilire la scala delle durezze per i metalli più duri del rame, si operò nel modo seguente:

Il rame laminato, di qualità uguale a quello usato per la misura delle pressioni interne nei cannoni, col misuratore Rodman da noi adottato, riceve dal coltello sopra descritto un intaglio di 30 millim. di lunghezza, sotto una pressione di chil. 3850, e l'incavo risultante nel rame è di 50 millimetri cubi.

Quest'intaglio venne preso per lo zero della durezza. Si ammise che per un taglio zero, corrispondente all'acciaio temperato il più duro e non intaccabile, la durezza fosse 10.

Si calcolarono quindi le lunghezze d'intaglio, corrispondenti a volumi gradatamente crescenti di $^1|_2$ millimetro in $^1|_2$ millimetro cubo; ed ogni 5 millimetri cubi formano un grado di durezza, suddiviso alla sua volta in 10 parti; così si ottenne la scala seguente:

SPECCHIO SCALARE DELLE DUREZZE

Lunghezza dell' intaglio in millimetri		Volume in millimetri cubi		GRADO DI DUREZZA Pressione di chilogr. 3830 R		Lunghezza dell' intaglio in millimetri		Volume in millimetri cubi		GRADO DI DUREZZA Pressione di chilogr. 3830 R	
				Rame laminato	Grado					Rame laminato	Grado
30	000	50	0		0,»	23	771	25	0		5,»
29	849	49	5		0,1	23	611	24	5		5,1
29	748	49	0		0,2	23	449	24	0		5,2
29	617	48	5		0,3	23	285	23	5		5,3
29	544	48	0		0,4	23	119	23	0		5,4
29	441	47	5		0,5	22	950	22	5		5,5
29	338	47	0		0,6	22	779	22	0		5,6
29	233	46	5		0,7	22	605	21	5		5,7
29	128	46	0		0,8	22	429	21	0		5,8
29	022	45	5		0,9	22	249	20	5		5,9
28	916	45	0		1,»	22	067	20	0		6,»
28	808	44	5		1,1	21	881	19	5		6,1
28	700	44	0		1,2	21	693	19	0		6,2
28	591	43	5		1 3	21	501	18	5		6,3
28	481	43	0		1,4	21	305	18	0		6,4
28	370	42	5		1,5	21	106	17	5		6,5
28	258	42	0		1,6	20	903	17	0		6,6
28	187	41	5		1,7	20	696	16	5		6,7
28	032	41	0		1,8	20	485	16	0		6,8
27	918	40	5		1,9	20	269	15	5		6,9
27	802	40	0		2,»	20	049	15	0		7,»
27	686	39	5		2,1	19	824	14	5		7,1
27	569	39	0		2,2	19	593	14	0		7,2
27	450	38	5		2,3	19	357	13	5		7,3
27	331	38	0		2,4	19	115	13	0		7,4
27	211	37	5		2,5	18	867	12	5		7,5
27	089	37	0		2,6	18	612	12	0		7,6
26	967	36	5		2,7	18	350	11	5		7,7
26	843	36	0		2,8	18	080	11	0		7.8
26	718	35	5		2.9	17	801	10	5		7,9
26	592	35	0		3,»	17	528	10	0		8,»
26	465	34	5		3,1	17	217	9	5		8,1
26	336	34	0		3,2	16	910	9	0		8,2
26	207	33	5		3,3	16	591	8	5		8,3
26	076	33	0		3,4	16	259	8	0		8,4
25	943	32	5		3,5	15	913	7	5		8,5
25	809	32	0		3,6	15	551	7	0		8,6
25	674	31	5		3,7	15	172	6	5		8,7
25	538	31	0		3,8	14	772	6	0		8,8
25	400	30	5		3,9	14	350	5	5		8 9
25	260	30	0		4,»	13	901	5	0		9,»
25	138	29	5		4,1	13	421	4	5		9,1
24	976	29	0		4,2	12	905	4	0		9,2
24	832	28	5		4,3	12	343	3	5		9,3
24	686	28	0		4,4	11	725	3	0		9,4
24	538	27	5		4,5	11	033	2	5		9,5
24	388	27	0		4,6	10	242	2	0		9,6
24	237	26	5		4,7	9	306	1	5		9,7
24	084	26	0		4,8	8	129	1	0		9,8
23	928	25	5		4,9	6	452	0	5		9,9
						0	000	0	0		10,»

Titolo IV.

STRUMENTI PER LA MISURA DEGLI ALLUNGAMENTI ED ACCORCIAMENTI

Misuratore a spirale. (Tav. IV^a, Fig. 8^a pei dettagli e 8^a *bis* per il modo d'applicazione alla macchina). — Il misuratore a spirale si compone di un disco circolare di bronzo D, la cui periferia è divisa in 15 parti uguali, ed ognuna di queste in 10, per cui la graduazione parte dallo *zero* ed arriva al 15, corrispondente alla centocinquantesima delle piccole divisioni. Nel disco, è tracciata una scanalatura a spirale di circa 6 giri, a partire dalla divisione *zero* fino alla divisione 98.

Il disco è fermato ad un asse *d* imperniato e fissato in un foro praticato nel perno P′ del pezzo a forchetta: l'asse *d* porta un rocchetto *r* girevole attorno all'asse, in cui va ad ingranare una dentiera *b*, di cui è munita un'asta *a*, fissata al carretto con un appoggiatoio.

Due indici muniti di nonio ad arco, di cui uno *m* fa corpo col rocchetto, e l'altro *o* è libero attorno all'asse del misuratore, servono a misurare gli allungamenti momentanei e permanenti; un piccolo tacco *i* alquanto sporgente, situato nella spirale contro l'indice piccolo e spinto da esso, indica a quale giro della spirale devesi riferire la misura.

Per gli esperimenti di trazione, nel porre in azione la macchina, l'asta *a* fissata al carretto, nel suo movimento verso la sinistra, fa girare il rocchetto col proprio indice, e questo spinge l'altro indice più piccolo ed il tacco, sintantochè vi è allungamento; compiuto lo sforzo e cessata la pressione, l'asta farà girare nuovamente il rocchetto in senso opposto a quello in cui camminava nell'azione.

L'allungamento momentaneo sarà segnato dall'indice libero e dal

tacco rimasti immobili sul disco, al punto corrispondente al massimo allungamento, mentre il permanente sarà segnato da quello unito al rocchetto e dalla sua posizione rispetto al punto di partenza.

Il rapporto dei diametri del rocchetto e della circonferenza è tale, che ad ognuna delle 150 piccole divisioni corrisponde un millimetro di allungamento; e coi nonii portati dagli indici, si avrà l'approssimazione del ventesimo di millimetro.

Negli esperimenti di compressione, se l'asta *a* venisse adattata al ceppo C′, questo movendo da sinistra a destra, farebbe girare il rocchetto e gli indici in senso opposto alla graduazione. Viene adunque tolta l'asta *a* e la rispettiva dentiera: il rocchetto *r* viene fissato nella bronzina *n n*, che sta fra l'asse *d* ed il disco D, e che fa corpo con un altro rocchetto *r′* che sta sotto il disco. Un'asta *a′* munita di altra dentiera *b′* è fissata al ceppo C ed ingrana col rocchetto *r′*. L'asta seguendo il movimento da sinistra a destra, comunica allora un moto di rotazione ai due rocchetti, e nel senso della graduazione del disco.

Le cause d'errore provenienti dai giuochi del rocchetto nella dentiera, quantunque questa sia composta di due parti scorrevoli, per diminuire i vani e le altre cause provenienti dai diversi combaciamenti, sono tali, che il misuratore a spirale non dà grandi approssimazioni nelle misure, e potrà solo servire per quegli esperimenti in cui richiedesi poca esattezza nelle misure, e per saggi di grande lunghezza.

Altra causa d'errore comune a tutti i congegni che non sono fissati direttamente sui saggi stessi, si è che vengono calcolati come allungamenti effettivi anche quelli delle parti della macchina e dei giuochi fra le parti.

Si esperimentarono vari sistemi di moltiplicatori grafici, ma non si raggiunse la perfezione voluta, perchè era quasi impossibile evitare gli attriti ed il giuoco fra le diverse parti. Si usarono allora i mezzi di misura diretta, e si trovò che, richiedendosi un'approssimazione di soli mill. 0,05, il compasso a nonio era sufficiente.

Compasso a nonio. (Tav. IV^a, Fig. 9^a). — Il compasso a nonio è formato di tre pezzi: un regolo A A con ghiera scorrevole, avente una feritoia con nonio da un capo, e dall'altro una *mortisa* verticale *a*; un secondo regolo graduato B B, che scorre nella ghiera a nonio del

regolo A A ed ha dall'altra parte una ghiera; un terzo regolo non graduato C, che si fissa da una parte con una vite di pressione nella ghiera del regolo B B, e che dall'altra ha una mortisa che serve a fissarlo al punto conveniente secondo la lunghezza del sâggio.

Il compasso è unito al saggio, per mezzo di piuoli *p p* saldati al saggio stesso a determinata distanza fra loro, e che entrano nelle due mortise praticate alle estremità dei regoli A e C, e sono uniti ad esse colle piccole chiavette trasversali *i i*. Quando le due chiavette hanno fissate le estremità dei regoli A C, si fissa la vite *b*, e le variazioni in lunghezza sono date dal regolo B, che scorre nella ghiera a nonio del regolo A.

Nelle esperienze di compressione, il compasso a nonio è fissato da un capo al ceppo e dall'altro al carretto.

Moltiplicatore a stantuffo. (Tav. IV^a^, Fig. 10^a^). — Per le misure più delicate, per saggi corti, o per metalli duri che si allungano di piccola quantità, come ad esempio la ghisa, ho ideato una moltiplicatore speciale, che ho chiamato *a stantuffo*, e che dà un'approssimazione di $^1|_{100}$ di millimetro.

Esso si compone di un piccolo cilindro orizzontale C, formante il corpo in cui scorre uno stantuffo A, munito di un'asta E coll'estremità a vite: un lungo tubo in vetro B, verticale, graduato e di ristretta sezione, che comunica coll'interno del cilindro ed è difeso da un'armatura metallica, è avvitato al corpo dello stantuffo, ad angolo retto, e rimane in comunicazione collo spazio *s* compreso fra lo stantuffo ed il fondo del cilindro. Riempiendo di liquido il tubo e lo spazio *s* del cilindro, i movimenti dello stantuffo sono moltiplicati ed indicati da quelli del liquido esistente nel tubo.

Il diametro del cilindro è molto maggiore di quello del tubo, per cui per una piccola corsa dello stantuffo, il liquido s'innalzerà nel piccolo tubo di vetro di una quantità relativamente considerevole, e che sarà uguale a tante volte la corsa dello stantuffo, quante volte la sezione dello stantuffo contiene quella del piccolo tubo.

Nell'interno del cilindro C, dopo aver introdotto lo stantuffo, si inserisce un secondo cilindro cavo a pareti sottili, il quale ha un orlo *b* che ne limita la corsa, ed un fondo *a* attraversato dall'asta dello stantuffo: fra quest'asta ed il cilindro interno s'introduce una molla a

spirale, la quale essendo trattenuta dal disco *c* avvitato all'asta, tende a spinger fuori lo stantuffo.

Il cilindro C è adattato nel seguente modo al saggio:

Dalla parte sinistra ha due alette sporgenti fra le quali s'inserisce il piuolo *p* saldato al saggio, e vien fissato al piuolo colla chiavetta *i* che attraversa le due alette. Dalla parte destra, l'estremità dell'asta dello stantuffo munito del dado D, contrasta contro all'altro piuolo *p'* saldato al saggio.

Per lunghezze diverse di saggi, si prolunga l'asta dello stantuffo con piccole aste di ferro cavo, che si avvitano ad essa.

Per mettere lo strumento al punto preciso di partenza, si versa il liquido nell'imbuto B superiore al tubo, sinchè riempia lo spazio fra il cilindro e la testa dello stantuffo e salga nel tubo sino allo zero dello strumento. Colla valvola a vite *v*, che comunica con un tubo *f* di scarico si dà uscita all'aria e si regola esattamente la quantità necessaria del liquido.

Col dado D avvitato all'asta dello stantuffo, si regola eziandio la sua posizione longitudinale.

Trattandosi di esperimenti per trazione, lo zero è alla parte superiore del tubo, e nell'allungamento del saggio per lo spostamento dello stantuffo, il liquido scende, ed a seconda della divisione della graduazione a cui scenderà, si avrà la misura esatta dell'allungamento momentaneo a sforzo determinato.

Cessato lo sforzo il liquido risalirà, e si potrà in tal modo conoscere il limite di elasticità del corpo, corrispondente allo sforzo in cui il liquido non risale più al punto primitivo.

Trattandosi di sforzi a compressione, si dispone lo strumento fra i cuscinetti, avendo l'avvertenza di far scendere il liquido allo zero della graduazione inferiore, perchè nella compressione possa salire a segnare gli accorciamenti.

Come gli allungamenti, si misurano gli accorciamenti momentanei e permanenti; e si riconosce pure il limite di elasticità del saggio alla compressione.

Nell'usare il moltiplicatore a stantuffo, converrà disporre la macchina con una leggiera pressione, e sotto tale sforzo far salire o scendere il liquido allo zero della graduazione, onde evitare i piccoli errori

di combaciamento. Converrà poi avere l'avvertenza di toglicre il moltiplicatore quando si prevede prossima la rottura del saggio, onde la scossa che si produce in tal caso non generi guasti nello strumento.

Il liquido che si riconobbe più acconcio, è acqua contenente in soluzione alquanto carmino.

Tanto col misuratore a nonio che con quello a stantuffo, fissati direttamente al saggio coi piuoli saldati, si ha il vantaggio di misurare direttamente gli allungamenti del corpo, escludendo così gli errori proprii a tutti i sistemi di misuratori che si applicano su parti secondarie della macchina, e possono influire per le proprie variazioni di lunghezza sulle cifre finali.

Pesi specifici.

Prima di addivenire alle prove, si prendono i pesi specifici dei saggi, specialmente poi se di bronzo o di ghisa, metalli questi in cui la densità influisce assai sulla resistenza.

Pei pezzi di peso superioro a chilogr. 2, si usa una bilancia idrostatica comune che dà l'approssimazione di 20 milligrammi. Avvi pure una bilancia idrostatica assai delicata, che può servire pei pezzi non superiori a chil. 2, e dà un'approssimazione di 2 milligr.

Areometro. (Tav. IV^a, Fig. 11^a, 12^a e 13^a). — Oltre a queste bilancie, si usa, per pezzi di peso inferiore a chil. 2 circa, un areometro del sistema Nickolson, il quale serve assai bene per la ricerca dei pesi specifici.

Consiste questo strumento in un corpo a forma di pera P, colla punta prolungata in un'asta di rame portante una palla di bronzo B e sei manicotti movibili *p*, cinque del peso di grammi 500, ed uno del peso di grammi 250.

La palla ed i pesi servono come zavorra, per cui il centro di gravità dell'areometro trovasi verso la parte inferiore, ed acquista perciò maggiore stabilità nella immersione.

Oltre a ciò i pesi essendo movibili, si può regolare lo strumento a seconda dei saggi di cui si ricerca la densità.

Sulla parte superiore dell'areometro trovasi un incavo destinato a contenere il corpo *s*.

Una maniglia *m* biforcuta in modo da lasciar libero detto incavo, è saldata superiormente all'areometro e porta una piccola asta di platino graduata *a*, su cui posa un piattello movibile R, destinato a sopportare i pesi ed il corpo.

Sull'asta *a* (Fig. 12ª) è segnata una linea di affioramento, ed oltre a questa altre 10 linee, di cui cinque sopra il punto d'affioramento e cinque sotto, e che rappresentano differenze di peso di 20 milligrammi; tali divisioni servono ad evitare l'inconveniente di dovere, durante l'operazione aggiungere o togliere dal piattello pesi piccolissimi.

Onde meglio si possa vedere a quale di tali divisioni arriva il pelo del liquido, cosa che sarebbe assai difficile per l'effetto della capillarità, stanno attorno all'asse e parallelamente ad esso 6 laminette metalliche sottili e tagliate obliquamente; tre di esse sono sorrette dalla maniglia e stanno al disotto del pelo d'acqua quando lo strumento è allo zero; le tre altre sono in senso opposto unite all'asta e stanno fuori d'acqua. A ciascuna laminetta inferiore corrisponde in direzione una superiore; e le estremità delle une e delle altre corrispondono alle divisioni segnate sull'asta, per modo che, osservando fra quali delle punte arrivi il pelo dell'acqua, si sa quale divisione dell'asta si debba considerare.

Per la ricerca delle densità, conviene regolare i pesi inferiori dell'areometro a seconda del peso dei corpi, e quindi stabilire i pesi necessari nel piattello, in modo che la linea d'affioramento corrisponda allo zero delle divisioni.

Quindi, tolto il peso K, si colloca il corpo nel piattello; poi, si aggiungono i pesi necessari perchè la linea d'affioramento giunga a qualcuna delle divisioni; si prende nota del peso riposto nel piattello in un col corpo, e si fanno le correzioni dovute alle divisioni, cioè si aggiungono e si tolgono al detto peso tante volte 20 milligr. quante sono le divisioni, che a partire dallo zero trovansi scoperte od immerse nell'acqua. Avuto questo peso K′, si sottrae da quello K necessario a mantenere l'areometro colla linea d'affioramento allo zero, e la differenza K-K′ indicherà il peso P del corpo nell'aria.

Quindi si cerca il peso del corpo nell'acqua, e si agisce perciò nello stesso modo, cioè: si ripone il corpo nell'apposito incavo, e quindi si

aggiungono nel piattello tanti pesi quanti sono necessari perchè la linea d'affioramento giunga a qualche divisione: si tien conto di questo peso colle necessarie correzioni dovute alle divisioni, come è stato or ora accennato, e si avrà così un peso K″, il quale si detrae dal peso K, che equilibra l'areometro colla linea d'affioramento allo zero, e la differenza K-K″ darà il peso P′ del corpo nell'acqua, ossia appunto il peso del corpo nell'aria, meno quello dell'acqua spostata dal corpo stesso.

La densità D del corpo sarà uguale a $\frac{P}{P-P'}$.

Le esperienze si fanno in una vasca cilindrica, che si riempie d'acqua distillata; ultimata l'esperienza, si toglie l'areometro e si copre la vasca col suo coperchio.

Densità assoluta. — La misura del peso specifico d'un corpo non permette di valutare il suo grado assoluto di compattezza. Nello studio dei metalli e più specialmente delle leghe, è interessante la ricerca ed il confronto dell'entità dei vani che esistono nella massa.

La compattezza, ossia la densità assoluta, è quella che si avrebbe detraendo i vani interni; essa venne ricercata negli esperimenti su leghe nel seguente modo:

Dalle due estremità dei saggi torniti e pronti ad essere esperimentati per trazione, e parallelamente al loro asse, si esportavano colla sega due pezzetti della lunghezza delle teste e della larghezza di circa un centimetro; quindi parallelamente a questa parte posta così a nudo, si tagliavano due laminette sottili. Si facevano poscia bollire queste laminette per quattro ore in acqua distillata, quindi raffreddate e senza asciugarle, se ne prendeva la densità. L'acqua penetrando nei pori dei metalli faceva sì, che non si teneva più conto dell'apparente volume esterno del corpo, ma bensì del vero volume. Questa densità, che ho chiamata *assoluta*, crescerà colla porosità del metallo, e la differenza delle due densità esprimerà approssimativamente tale porosità.

CAPITOLO II.

ESPERIENZE SU CERCHI DA BOCCHE DA FUOCO E SU VARIE QUALITÀ DI ACCIAIO E DI FERRO

Titolo I.

DELLE VARIE QUALITÀ D'ACCIAIO

Considerazioni generali.

I molti progressi che l'industria metallurgica dell'acciaio fece in questi ultimi anni, avendone modificato in modo notevole i varii prodotti, poche sono quelle persone che trovansi oggidì perfettamente conscie di tale quistione; allo scopo perciò di contribuire ad eliminare i dubbi e le incertezze emergenti da un tale stato di cose, ho riputato utile l'esporre brevemente nel presente Titolo alcune considerazioni sulle varie qualità d'acciaio ora in uso nell'industria, e specialmente applicabili alla costruzione delle bocche da fuoco.

I nuovi procedimenti di fabbricazione dell'acciaio, che rapidamente e su vasta scala si svilupparono, produssero generale tendenza a sostituire l'acciaio al ferro in pressochè tutte le industrie, dove prima il suo impiego era limitatissimo; l'adozione dell'acciaio per le ruotaie, per i bandelloni di ruote di locomotive e di vagoni, per gli assi di ruote, in modo che nelle locomotive la proporzione delle parti d'acciaio è quasi tripla di quelle in ferro; la generalizzazione della lamiera d'acciaio per molti usi, ecc., ecc , ne sono una rilevante prova.

Straordinario sviluppo fra gli altri prese l'impiego dell'*acciaio fuso,* sviluppo che deve attribuirsi, non meno che alla crescente difficoltà di

trovar ferro di buona qualità in commercio, ai vantaggi che presenta l'uso di questa specie d'acciaio. — I principali fra questi vantaggi sono il prezzo poco elevato, e quello essenzialissimo di dar prodotti senza saldatura e di minori dimensioni per uguale resistenza.

L'acciaio fuso ottenuto coi nuovi metodi di fabbricazione, quali sono quelli di Krupp, Bessemer, Martin, Sudre, Heath, ecc., presenta ora non poche varietà di durezza, composizione e resistenza; non è più perciò possibile il classificarlo esclusivamente secondo gli antichi principii, la cui precipua base era *la proporzione di carbonio e gli effetti della tempra.*

Lo stesso dicasi per l'acciaio detto *naturale*, fabbricato secondo i procedimenti di Siegen, Stiriano, Carinzio, Paal e per quello pudellato ottenuto coi metodi Riepe, Uchatius, ecc., ed anche per quello ottenuto mediante carburazione del ferro coi procedimenti Chenot, Mackintosh, Indiano, Muschot (metallo omogeneo), ecc., le cui proprietà più non corrispondono a quelle dell'acciaio di più antica fabbricazione.

Antiche definizioni.

A seconda delle antiche idee, taluni ritengono essere l'acciaio *un metallo intermediario fra la ghisa ed il ferro, che gode della proprietà caratteristica della tempra;* per estensione poi di quella definizione, e dall'esempio dei tipi d'acciaio per strumenti da taglio e per molle, altri ritengono per acciaio *solo quello che colla tempra acquista grande durezza ed elasticità.* Simili definizioni più non corrispondono completamente ai fatti.

Ritiensi attualmente che l'acciaio contiene bensì meno carbonio della ghisa e più del ferro, che si lascia fondere come quella e fucinare come questo, ma devesi pure ritenere che la proprietà della tempra non è applicabile che ad una sola parte dei prodotti d'acciaio forniti dalla moderna industria.

Ad ogni modo, la classificazione a seconda della quantità di carbonio combinata col ferro, non è più da usarsi, poichè trovansi oggidì:

Ferro che contiene		da 0,08 a 0,44	per °/o di Carbonio.
Acciaio	id.	da 0,10 a 1,50	
Ghisa	id.	non più di 1,50	

Scale di classificazione dell'acciaio.

Il classificar l'acciaio a seconda della proporzione di carbonio da esso contenuto, è del tutto insufficiente non solo pei motivi dianzi accennati, ma eziandio perchè la presenza d'altri corpi quali il manganese, il rame, il fosforo..., ecc., ne possono sensibilmente modificare le proprietà. Le classificazioni dell'acciaio non possono perciò esser generali, *ma dipendenti bensì dai suoi elementi originari*, quali sono il minerale da cui proviene la specie di combustibile adoperato, ed il successivo trattamento del metallo.

Le scale di classificazione di alcune specie d'acciaio, basate sulla proporzione di carbonio, devonsi considerare d'un valore esclusivamente relativo per quelli di stesse provenienze e fabbricazioni; così la scala di classificazione dell'acciaio di *Tunner* basata su questo principio, è esclusivamente applicabile all'acciaio Svedese e della Stiria fabbricato con minerale *ematite;* detta scala va dall'acciaio *dolcissimo* molto simile al ferro e che contiene 0,11 p. °/₀ di carbonio, a quello *durissimo* che contiene 1,5 p. °/₀ di carbonio e che accostasi alquanto alla ghisa detta *fine-metal* in Inghilterra e *Weichfloss* in Stiria.

L'acciaio Bessemer fabbricato nelle officine di Seraing (Belgio), stando ai dati pervenutici da dette officine, è classificato come segue:

SCALA DI CLASSIFICAZIONE
dell'acciaio Bessemer delle Officine di Seraing.

Denominazione dell'acciaio	Carbonio		Sforzo di rottura alla trazione		Allungamento alla rottura		Se si tempra	Se si salda	Usi industriali dell'acciaio
	da	a	da	a	da	a			
	per °/₀		Chilogr. per mill.		per °/₀				
Dolcissimo..	0,25	0,35	48,00	56,00	20	25	no	si	Lamiere, fili, chiodi da ribadirsi, ecc.
Dolce.........	0,35	0,45	—	—	—	—	—	—	Assi di ruote, bandelloni, ruotaie, ecc.
Medio.........	0,45	0,55	56,00	69,00	10	20	difficilmente	difficilmente	Bandelloni, ruotaie, aste di stantuffi, guide, ecc.
Duro...........	0,55	0,65	—	—	—	—	—	—	Molle, utensili, lime, seghe, ecc.
Durissimo...	0,65	e più	69,00	105,00	5	10	si	no	Molle fine, utensili fini, fusi da filande, ecc.

I cannoni di Krupp sono d'acciaio fuso molto dolce, malleabile, che si salda difficilmente e prende la tempra.

L'acciaio pudellato va esso pure distinto in dolce o duro, fibroso od a grana, ed in varie classi, a seconda della sua fabbricazione e del suo impiego. Citeremo ad esempio, i cerchi da bocche da fuoco in acciaio pudellato fabbricati dai signori Petin-Gaudet, che sono di metallo dolcissimo, fibroso, si saldano come il ferro, e prendono una tempra appena sensibile.

Nuova definizione.

Allo scopo dunque di viemmeglio distinguere queste grandi varietà d'acciaio e di togliere ogni equivoco, sono assai commendevoli le idee più recentemente espresse da uomini tecnici, che propongono di riservare la denominazione di *acciaio* solo a quello *ottenuto per fusione;* mentre seguendo la nomenclatura inglese chiamerebbesi *ferro acciaioso (steel-iron)* il metallo ottenuto per mezzo di *pudellatura, affinamento o cementazione*, e che differisce poco dal ferro a grana fina in quanto a chimica composizione, specialmente nella prima lavorazione.

Riservando dunque il nome di acciaio ai soli prodotti *malleabili* ottenuti da minerali di ferro allo *stato fuso,* ogni equivoco o dubbio sparirebbe fra le tre denominazioni di ferro, acciaio e ghisa, che trovansi decisamente distinti dalle loro seguenti e caratteristiche proprietà:

Ferro	metallo	non fuso e malleabile
Acciaio	»	fuso e malleabile,
Ghisa	»	fuso e non malleabile.

Di somma utilità sarebbe l'accettazione e la generalizzazione di questa nuova definizione, tanto più che lo stato liquido sotto il quale si ottiene l'acciaio fuso è *proprietà essenzialmente caratteristica e sorgente delle principali sue applicazioni*, i cui pregi essenziali sono la grande omogeneità e l'assenza di saldatura nei pezzi ottenuti greggi di fondita e poscia ultimati colla fucinatura.

Queste denominazioni d'*acciaio* e *ferro acciaioso*, prese nel senso or ora esposto, son quelle di cui è fatto uso in tutto il corso della presente relazione.

Titolo II.

ESPERIENZE PRELIMINARI

---

§ I.

Scopo delle esperienze.

Nell'anno 1859, il colonnello Treuille de Beaulieu, direttore del laboratorio di precisione dell'artiglieria francese, allo scopo di aumentare la resistenza delle bocche da fuoco di ghisa, ideava ed esperimentava artiglierie rinforzate in culatta con cerchi di ferro acciaioso pudellato *(acier puddlé)* messi a caldo, provenienti dalle officine della ditta *Petin-Gaudet* di *Rive-de-Gier* (Francia).

In seguito ai favorevoli risultati di queste esperienze, l'artiglieria della Marina francese, per la prima, adottava questo sistema, e da noi nel 1860 eseguivansi brevi esperienze allo scopo di constatarne i vantaggi; in seguito al loro esito soddisfacente, il detto sistema ugualmente veniva da noi adottato, seguendo esattamente le norme di cerchiatura e di collaudazione dei cerchi, prescritte dall'artiglieria della Marina francese, provvedendo, come questa, i cerchi dalla ditta Petin-Gaudet. Detti cerchi sono formati con sbarre di ferro acciaioso pudellato *(acier puddlé)* avvolte a spire, saldate al maglio, laminate, e quindi temperate.

Le esperienze finora eseguite in Italia, allo scopo di studiare la cerchiatura e le proprietà del metallo dei cerchi, furono assai limitate; cioè, si applicarono cerchi a caldo e con varie tensioni su tronchi di cannoni, e si osservò se dopo la cerchiatura i cerchi conservavano la loro elasticità e fra quali limiti, estraendo a tal uopo il tronco di ghisa con appositi tagli che liberavano il cerchio senza intaccarne l'elasticità. In queste esperienze, si verificò il fatto costante che quand'anche i cerchi fossero applicati con tensioni moderate, presentavano, dopo estratto il

cilindro di ghisa, *un allungamento permanente*, sebbene con quelle tensioni il metallo dovesse trovarsi in condizioni assai lontane dal limite di elasticità. Per tal fatto venivano da taluni messe in dubbio le *qualità acciaiose* del metallo dei cerchi, che si riteneva non essere altro che una buona qualità di ferro duro. Questo dubbio vieppiù trovavasi confermato, dal non essersi potuto riescire a temprare il metallo dei cerchi con un rapido raffreddamento nell'acqua.

D'altra parte la ditta Petin-Gaudet, avendo sola finora fornito di cerchi tanto la nostra artiglieria che quelle estere presso le quali quel sistema erasi adottato (1), conservava, pel fatto stesso, una specie di monopolio assoluto, giustificato bensì da una buona e regolare fabbricazione eseguita sotto gli occhi di abili controllori, ma che però lasciava sussistere sempre il grave fatto, che i cerchi accettavansi con cieca confidenza e senza prove di collaudazione; giacchè nè in Francia, nè da noi erasi giunti a poter collaudare la qualità del metallo impiegato nella loro costruzione.

Era quindi importante il trovare modo di eseguire una tale collaudazione, sia per chiarire indubbiamente le proprietà e la specie del metallo dei cerchi, sia per potere approfittare della concorrenza che tanto nell'industria estera che in quella nazionale si potesse verificare, qualora si stabilissero nuove fabbriche, e si presentassero proposte convenienti.

Le nuove esperienze eseguite ora alla Direzione della Fonderia di Torino, esperienze che espongonsi in questa relazione, mostrando chiaramente le qualità e proprietà del metallo dei cerchi Petin-Gaudet nel suo stato naturale ed in diversi stati di tempra, diventa possibile il dedurne norme di collaudazione *pei cerchi corrispondenti in qualità a quelli Petin-Gaudet*. Queste esperienze sono state estese a cerchi di acciaio *(fuso)* di Krupp, ad acciaio, ferro acciaioso, e ferro di diverse qualità provenienti da officine tanto estere che nazionali. Dai loro risultati emergono interessanti confronti, che mostrano la possibilità di ricavare conseguenze pratiche atte a rischiarare maggiormente la questione delle

(1) Dal 1860 al 1867 quelle officine fornirono al Governo francese cerchi per 300 cannoni del calibro da centim. 16 a 42, ed a Governi esteri cerchi corrispondenti a circa 1800 bocche da fuoco.

qualità dei metalli più appropriati alla cerchiatura delle bocche da fuoco; e da queste conseguenze si dedusse una legge importante sull'elasticità dei metalli, che potrà trovare utili applicazioni specialmente nella questione della cerchiatura.

§ II.

Scelta del genere di prove; forma e preparazione dei saggi.

Benchè apparisse desiderabile che le esperienze intorno al metallo dei cerchi fossero eseguite su cerchi interi, e perciò nel loro *stato naturale,* per non correr rischio di modificare le proprietà del metallo con una qualsiasi lavorazione, pure, avuto riguardo alle considerazioni d'ordine economico, poichè i cerchi interi dopo cimentati sarebbero resi inservibili, ed alla necessità di adoperare macchine di straordinaria potenza per simili prove, si rese evidente la necessità di operare su parti di cerchio.

In queste condizioni, e dovendosi ricercare le leggi d'elasticità, specialmente alla trazione, e su saggi di limitata grossezza, fu necessario di preparare detti saggi secondo le forme e dimensioni convenienti per adattarli solidamente alla macchina di prova. Il modo più ovvio sembrò perciò quello di staccare dal cerchio intero un grand'anello, estrarne pezzi di prova nel senso della circonferenza (cioè nel senso delle fibre del metallo), abbozzare detti pezzi alla fucina, ed ultimare sul tornio la forma definitiva del saggio.

Se i cerchi erano realmente di ferro acciaioso (pudellato) e temprati, queste diverse lavorazioni preparatorie, e specialmente il raddrizzare l'anello ed il fucinare le parti estratte, non erano senza presentare gravi inconvenienti, per la facilità colla quale il ferro acciaioso e l'acciaio possono essere alterati dal fuoco di fucina, quando non si osservino cautele speciali; se d'altra parte, come da taluni opinavasi, il metallo dei cerchi non era che ferro, detti inconvenienti sparivano.

Il primo quesito da sciogliersi colle esperienze preliminari era dunque il seguente:

Accertarsi se i cerchi Petin-Gaudet fossero di ferro acciaioso (pudellato)

semplicemente di ferro; quale tempra avessero e fra quali limiti potessero sopportare, senza alterarsi, l'azione del fuoco (1).

A tale scopo si eseguirono le seguenti esperienze:

§ III.

Esperienze per trazione longitudinale con saggi cilindrici estratti da un cerchio Petin-Gaudet (*Marca* O).

Da uno stesso cerchio Petin-Gaudet provvisto nell'anno 1864 e controdistinto colla marca O, si staccarono per mezzo del tornio varii grandi anelli; questi anelli furono poi tagliati secondo una loro generatrice, sviluppati dopo un leggero riscaldamento *senza colore* e raddrizzati sotto uno strettoio idraulico. Si suddivisero quindi in 12 parti di uguale lunghezza, le quali con un semplice lavoro di tornio (senza ricorrere alla fucina) vennero foggiate sul modello di saggio indicato dalla Fig. 4ª, Tav. IIª.

Per questi saggi le dimensioni erano:

$$l = 137^{\text{millim.}} \text{ e } s = 500^{\text{millim. q}}$$

Di questi cilindri:

N° 3 furono conservati allo stato naturale;

» 3 furono fatti rinvenire di tempra;

» 3 furono temprati a tempra dolce (riscaldati al colore rosso scuro) nell'acqua;

» 3 furono temprati a tempra dura (riscaldati al colore rosso chiaro) nell'acqua.

Si presero le rispettive densità dei saggi in questi diversi stati; detti saggi si sottoposero a prove di trazione longitudinale, per sforzi successivi crescenti di 2 in 2 chilogrammi per ogni millimetro quadrato della loro sezione primitiva; si misurarono gli allungamenti momentanei sotto

(1) È interessante l'avvertire che nelle esperienze del Kirckaldy, le cui conclusioni sono riportate nell'Appendice in fine del presente fascicolo, è indicato (N° 37) che il ferro molto riscaldato e raffreddato istantaneamente nell'acqua si tempra; quest'osservazione è assai importante specialmente per premunire contro facili equivoci.

l'azione dello sforzo; poscia cessato lo sforzo, si lasciarono riprendere il loro stato di riposo, e si misurarono nuovamente per tener conto degli allungamenti permanenti, e così di seguito sino alla rottura. Per la misura degli allungamenti impiegossi il semplice nonio (1).

In queste condizioni è fuori dubbio che i risultati delle esperienze erano paragonabili fra di loro, poichè i 12 saggi erano estratti da uno stesso cerchio, e per altra parte il loro modo di preparazione non lasciava temere un'alterazione o modificazione qualunque nella natura del metallo del cerchio esperimentato.

Nel seguente specchio sono riportati i *risultati medii* delle esperienze per ogni gruppo di 3 saggi nei loro diversi stati, e nella Tav. V^a, trovansi tracciate le *curve medie* degli allungamenti momentanei e permanenti, ugualmente per ogni gruppo di 3 saggi, e ciò, onde render più facile l'apprezzare a colpo d'occhio le differenze comparative fra i varii gruppi, differenze che difficilmente rilevansi dal semplice esame degli specchi numerici.

(1) Non si possedeva ancora a quell'epoca il misuratore a stantuffo.

RISULTATI MEDII

delle esperienze per trazione su saggi cilindrici ricavati dal cerchio Petin-Gaudet (*Marca* O) in vari stati di tempra

SFORZO per millimetro quadrato della sezione primitiva — Sezione 500 millim. quadr.	MEDIE PER CADUN GRUPPO DI SAGGI							
	Ricevuti di tempra		Stato naturale d'impiego		Tempra dolce		Tempra dura	
	Densità 7,815		Densità 7,815		Densità 7,813		Densità 7,813	
	Allungamenti medii calcolati in millesimi della lunghezza primitivo							
	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti
chilogrammi	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.
2	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—
4	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—
6	0,00	—	0,00	—	0,12	—	0,12	—
8	0,12	—	0,24	—	0,12	—	0,24	—
10	0,36	—	0,36	—	0,39	—	0,24	—
12	0,48	—	0,48	—	0,60	0,12	0,36	—
14	0,48	—	0,60	—	0,60	0,12	0,36	—
16	0,48	—	0,73	—	0,73	0,24	0,73	0,12
18	0,73	0,12	0,84	—	0,85	0,24	0,97	0,24
20	0,85	0,12	1,09	0,12	0,97	0,24	0,97	0,24
22	1,09	0,24	1,09	0,12	1,33	0,36	1,21	0,24
24	1,21	0,36	1,46	0,12	1,46	0,48	1,58	0,24
26	1,57	0,48	1,58	0,24	1,70	0,85	1,70	0,36
28	11,32	8,61	2,19	0,73	2,06	0,97	1,94	0,73
30	17,96	14,72	15,44	13,74	2,67	1,33	2,31	0,73
32	28,47	26,50	24,69	23,60	4,13	2,55	3,03	1,70
34	39,78	38,18	40,39	38,32	6,08	4,38	4,38	2,55
36	68,32	49,87	54,02	52,19	10,46	7,78	10,95	9,61
38	94,00	90,20	77,49	75,43	14,47	12,41	23,11	21,17
40	124,25	—	122,27	—	19,58	17,52	30,90	28,95
42	—	—	—	—	26,01	23,96	39,34	37,08
44	—	—	—	—	34,31	33,23	49,88	47,32
46	—	—	—	—	45,01	42,70	66,18	63,87
48	—	—	—	—	60,34	56,57	89,66	83,70
50	—	—	—	—	73,14	—	129,57	—
Resistenza alla rottura chil.	41,00		41,30		51,30		50,80	
Sezione di rottura mill. q.	259		266		355		286	
Allungamento alla rottura........ milles.	124,25		122,27		73,14		129,57	
Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva per °/o	51,8		53,2		71,0		57,2	
Sforzo al limite di elasticità........ chilog.	26,00		28,00		28,00		30,00	
Allungamento momentaneo corrispondente........ milles.	1,57		2,19		2,06		2,31	

I risultati individuali delle esperienze sono indicati nello *Specchio sperimentale di dettaglio* N° 1 (Vedi Atlante).

Dall'esame dei risultati si rilevano i seguenti fatti:

1° Densità. — Le densità dei saggi a tempra dolce e dura sono uguali (7,813), e leggermente minori di quelle dei saggi in istato naturale o rinvenuti di tempra, uguali pure fra di loro (7,815);

2° Tenacità. — È rimarchevole l'aumento di resistenza alla rottura di $^1|_4$ circa, fra i gruppi temprati che in media resistettero a chil. 51,00 e gli altri non temprati la cui resistenza media fu di soli chil. 41,00; è ugualmente degna di nota la regolarità della resistenza alla rottura, dei gruppi in uguale stato (vedi *Specchio esperimentale di dettaglio* N° 1);

3° Elasticità. — Nei 4 gruppi si osserva che gli allungamenti si conservano pressochè proporzionali agli sforzi; gli allungamenti corrispondenti allo sforzo di chilogr. 26 sono uguali fra i due primi gruppi (1,58) e fra gli altri due (1,70); notasi anche che quelli allo stato naturale o rinvenuti di tempra perdono subitaneamente l'elasticità, mentrechè i saggi temprati la mantengono in modo più regolare; rilevasi finalmente che la legge degli allungamenti permanenti nei 4 gruppi seguita quella degli allungamenti momentanei, scostandosene di poco, cosicchè il vero limite d'elasticità trovasi probabilmente molto basso;

4° Malleabilità. — La sezione di rottura è sensibilmente maggiore per il gruppo dei saggi a tempra dolce, poichè per questo il rapporto fra le due sezioni è del 71 per $^0|_0$, mentre per gli altri è del 54 per $^0|_0$ in media; questo fatto indica che sotto quella tempra la potenza molecolare è accresciuta, ed infatti l'allungamento alla rottura è notevolmente minore che per gli altri.

Conclusione finale. — Da quest'insieme di fatti e particolarmente dalle osservazioni sulla *tenacità* e sulla *malleabilità* rilevandosi una sensibile modificazione molecolare della tempra, si conchiuse:

a) Il metallo dei cerchi Petin-Gaudet essere realmente ferro acciaioso (pudellato);

b) Essere probabile che nel loro stato naturale d'impiego, i cerchi non sono temprati od almeno lo sono insensibilmente (1);

c) Essere necessarie altre esperienze per confermare maggiormente le conclusioni *a* e *b* precedenti.

§ IV.

Esperienze per compressione su saggi cilindrici estratti da un cerchio Petin-Gaudet (*Marca* O).

Dallo stesso cerchio Petin-Gaudet (*Marca* O) dal quale eransi estratti i saggi per le esperienze di trazione di cui al § III, si estrassero N° 12 cilindri della forma e delle dimensioni indicati nella Fig. 14ª, Tav. IIª, per esperimentarli a sforzi di compressione sino a chilogrammi 100 per millimetro quadrato della sezione primitiva; questi cilindri furono, per gruppi di 3 saggi caduno, preparati come quelli precedenti per la trazione, cioè rinvenuti di tempra, nello stato naturale, a tempra dolce ed a tempra dura.

Nello specchio seguente sono indicati i risultati medii per ogni gruppo, e nella Tav. VIª detti risultati sono espressi graficamente.

(1) È da avvertirsi che nel loro stato naturale d'impiego, la lima non accenna alla più piccola tempra.

RISULTATI MEDII

delle esperienze per compressione su saggi cilindrici ricavati dal cerchio Petin-Gandet (*Marca* O) in vari stati di tempra.

STATO DI TEMPRA DI OGNI GRUPPO	RISULTATI MEDII DEI 3 SAGGI PER OGNI GRUPPO													
	Densità			Limite d'elasticità		Accorciamento per sforzi per mill.° quadr.° in milles. della lungh. primitiva di								
						25 Chilogr.		50 Chilogr.		75 Chilogr.		100 Chilogr.		
	Prima della compressione	Dopo la compressione	Aumento	Sforzi per millimetro quadrato	Accorciamento momentaneo in milles. della lungh. primit.	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente
				chilogr.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.
Rinvenuto di tempra	7,788 (1)	7,812 (1)	0,024	20,00	13,7	17,0	1,8	90,1	71,5	262,9	171,9	414,6	397,0
Stato naturale	7,830	7,892	0,062	25,00	17,4	17,4	0,0	75,1	58,5	220,3	198,5	373,7	351,8
Tempra dolce	7,806	7,868	0,062	28,30	16,3	15,5	0,0	38,5	18,1	107,0	82,5	229,2	198,1
Tempra dura	7,791	7,829	0,038	33,30	18,8	16,3	0,0	48,5	28,1	137,7	111,1	266,6	214,4

(1) Nelle medie della densità si escluse il cilindro N° 17 perchè fu eccezionalmente compresso sino a 125 chilogrammi.

I risultati individuali delle esperienze sono registrati nello *Specchio sperimentale di dettaglio* N° 2.

Dall'esame dei presenti risultati rilevasi:

1° Densità. — Le densità dei saggi temprati sono inferiori a quelle dei saggi allo stato naturale o rinvenuti di tempra, e questi ultimi hanno la densità minima;

2° Compressibilità. — Essa va diminuendo col crescere dell'energia della tempra; ed infatti per il gruppo rinvenuto di tempra, mentre il limite d'elasticità trovasi a 20 chilogr. circa, per quello a tempra dura ascende sino a 33 chilogr., indizio evidente di una *potenza molecolare di repulsione* causata dallo stato di tempra e d'un'intensità variabile col grado di questa: osservasi pure che per sforzi uguali gli accorciamenti momentanei e permanenti sono massimi per il gruppo rinvenuto, e diminuiscono per l'effetto della tempra.

Conclusione finale. — Da questi fatti, e dalla concordanza abbastanza sensibile coi risultati ottenuti per trazione, si conchiuse:

a) *Il metallo dei cerchi Petin-Gaudet essere realmente ferro-acciaioso (pudellato) suscettibile però di non prendere che una tempra limitatissima, insensibile al bulino ed alla lima;*

b) *Non essere sufficientemente provato se i cerchi nel loro stato ordinario sieno o no temprati;*

c) *Essere necessarie altre esperienze in proposito, da farsi preferibilmente per trazione con saggi di maggior lunghezza.*

§ V.

Esperienze per trazione longitudinale con saggi cilindrici ricavati da tre cerchi Petin-Gaudet (*Marca* H, N, L).

Da tre cerchi distinti colle lettere H, N, L e nel modo indicato al § III si staccarono, per ognuno dei 3 cerchi, due saggi nel senso delle fibre, impiegando un leggero fuoco per raddrizzarli; questi saggi vennero per intero ultimati alla pialla senza alcun lavoro di fucinatura.

I saggi avevano una sezione rettangolare di 750 mill. quad., ed una lunghezza di 360 millim. Per ogni cerchio, uno dei due saggi venne lasciato allo stato naturale e l'altro fu fatto rinvenire di tempra.

Le prove di trazione si fecero con sforzi crescenti di chilogramma in chilogramma per millimetro quadrato della sezione primitiva; una media dei risultati finali per ogni gruppo di 3 saggi, sia rinvenuti che allo stato naturale, viene indicata nel seguente specchio:

RISULTATI FINALI MEDII

delle esperienze per trazione longitudinale su saggi cilindrici ricavati da 3 cerchi Petin-Gaudet (*Marca* H, N, L).

DATI SPERIMENTALI		MEDIA DI 2 GRUPPI DI 3 SAGGI CADUNO	
		1° gruppo rinvenuto di tempra	2° gruppo allo stato naturale
Sforzo di rottura	Chilogrammi	38,50	39,30
Allungamento alla rottura	Millesimi	147,9	189,0
Sezione di rottura	Millim. quadr.	384,0	370,0
Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva	Per %	51,25	49,3
Sforzo al limite d'elasticità	Chilogrammi	23,7	24,33
Allungamento corrispondente	Millesimi	0,09	1,163
Coefficiente d'elasticità		23939	20920

I risultati particolareggiati delle esperienze sono registrati nello *Specchio sperimentale di dettaglio* N° 3.

Dall'esame dei risultati d'esperienza, salvo qualche differenza da attribuirsi a non perfetta omogeneità del metallo nei diversi cerchi, ed anche a differenze provenienti dalla preparazione dei saggi, osservasi un accordo abbastanza sensibile con quelli del § III; questi risultati perciò vengono a conferma delle osservazioni ricavate in detto § III.

CONCLUSIONE FINALE. — Dal complesso delle esperienze, di cui ai §§ III, IV e V, non essendosi potuto rilevare indubitatamente se i cerchi Petin-Gaudet nel loro stato naturale d'impiego sieno o no temprati, e perciò possano venire alterati e modificati sotto l'azione del fuoco, qualora occorra di sottoporre i saggi alla fucinatura, si conchiuse:

Essere necessaria l'esecuzione di altre esperienze su più vasta scala dirette in modo da verificare se i cerchi siano o no temprati;

Doversi ricercare un metodo esperimentale che permetta l'impiego della trazione sopra saggi di maggior lunghezza, ed in modo che la loro preparazione non esiga assolutamente l'impiego del fuoco.

§ VI.

Esperienze per trazione interna su anelli estratti a freddo da cerchi Petin-Gaudet

$$\left(\textit{Marca} \ \frac{A}{I}, \frac{A}{II}, \frac{B}{I}, \frac{B}{II} \right).$$

L'unico mezzo pratico che si presentava per ricavare, dai cerchi da bocche da fuoco, saggi della massima lunghezza possibile, e senza ricorrere all'impiego del fuoco, era quello di estrarre per mezzo del tornio grandi anelli, di sezione tale da poter essere esperimentati per trazione interna sulla macchina di prova, limitatamente però alla potenza di questa (1).

Questo metodo presenta il notevole vantaggio di operare su grande lunghezza, poichè gli allungamenti han luogo su un'intera circonferenza, non che quello di dare un mezzo facile di collaudazione dei cerchi, provvedendoli semplicemente di una larghezza alquanto maggiore, per estrarne sul tornio e con facilità un anello di prova; ma presenta pure il grave inconveniente di non poter dare ***risultati assoluti sull'elasticità degli anelli***, ma bensì ***esclusivamente relativi*** a questo genere di prove. Infatti dal metodo di fissare gli anelli sulla macchina di prova per sottoporli a sforzi di trazione interna (vedi Capitolo I), scorgesi ben di leggieri che il modo d'agire dei 2 semi-dischi di ghisa, nell'esercitare in senso contrario lo sforzo trasmesso dalla macchina, è assai diverso dal modo d'agire della parete esterna d'una bocca da fuoco che, dilatandosi sotto lo sparo, comunica ai cerchi uno sforzo che uniformemente si ripartisce sull'intera

(1) La potenza massima della macchina di prova essendo di 85 tonnellate, supponendo il caso massimo d'un metallo con una resistenza di 60 chilogrammi per millim. quadr., vedesi che la sezione doppia degli anelli non dovrebbe essere maggiore di 1417 millim. quadr. corrispondente approssimativamente ad anelli di millim. 22 di grossezza per millim. 32 di larghezza.

circonferenza e si propaga dall'interno all'esterno, ed anche assai diverso del modo d'agire di un cilindro su cui, previo riscaldamento, sia stato applicato un cerchio di diametro minore. Col metodo adoperato, è fuori dubbio che l'allontanamento dei 2 semi-dischi di ghisa, mentre tende ad allungare l'anello secondo un diametro, produce su di esso una forte compressione ed un attrito inegualmente ripartiti, ed inoltre uno schiacciamento di detti semi-dischi, cause tutte che van crescendo col crescere degli sforzi.

Avvertenze generali sui risultati esperimentali.

Devesi dunque tener presente che i risultati esperimentali di trazione interna su anelli di cerchi, devono considerarsi esclusivamente come *speciali a questo genere di prove*, e che sono paragonabili fra di loro, soltanto allorchè vengono eseguiti con semi-dischi di stessa ghisa e prossimamente di uguali dimensioni.

Allo scopo perciò di distinguere il coefficiente d'elasticità ricavato dai risultati d'esperienze di trazione interna su anelli, da quello ricavato da esperienze su sbarre, il primo verrà rappresentato col simbolo caratteristico (E).

I cerchi esperimentati vennero divisi in parecchi grandi anelli, e questi stessi suddivisi in 2 anelli concentrici per mezzo d'un taglio praticato sul tornio secondo la loro circonferenza media. La Tav. VII^a presenta le sezioni meridiane dei cerchi esperimentati, colla loro divisione in anelli, e la posizione relativa di questi, che furono segnati con un numero d'ordine per maggior chiarezza.

Esperienze.

Per l'esecuzione di queste prove, si presero 4 cerchi diversi; due di essi da cannoni da 80 (cent. 20) della Marina, che vennero distinti colle marche $\frac{A}{I}$ ed $\frac{A}{II}$, e gli altri due da obici da centimetri 22, che vennero distinti colle marche $\frac{B}{I}$ e $\frac{B}{II}$.

Le Figure 1ª, 2ª, 3ª, 4ª della Tav. VIIª indicano la suddivisione di detti cerchi in anelli ed i loro rispettivi numeri d'ordine.

Per studiare la questione della tempra posseduta dai cerchi nuovi, e l'influenza della tempra dolce e dura, i 24 anelli estratti dai cerchi furono impiegati come segue:

N° 8 anelli rinvenuti di tempra,
» 8 id. nel loro stato naturale,
» 4 id. con tempra dolce,
» 4 id. id. dura.

Nel seguente specchio sono indicati i numeri d'ordine degli anelli esperimentati, colla marca del rispettivo cerchio, non che il loro stato di tempra:

STATO DI TEMPRA DEGLI ANELLI	MARCA DEI CERCHI			
	A/I	A/II	B/I	B/II
	N° d'ordine degli anelli	N° d'ordine degli anelli	N° d'ordine degli anelli	N° d'ordine degli anelli
Rinvenuti di tempra	2 , 6	10 , 14	18 , 23	28 , 33
Stato naturale	1 , 5	13	17 , 19 , 22	27 , 32
Tempra dolce	3 , 7	11 , 15	—	—
Id. dura	4 , 8	12 , 16	—	—

Le dimensioni degli anelli erano le seguenti:

		ANELLI	
		Interni	Esterni
Diametro medio	millimetri	614	666
Lunghezza della circonferenza media	»	1929	2092
Larghezza dell'anello	»	30	
Grossezza id.	»	20	
Superficie della doppia sezione meridiana	mill. quadr.	1200	

Ogni anello fu sottoposto ad uno sforzo momentaneo di trazione interna nel senso del suo diametro, crescente di chilogramma in chilogramma per ogni millimetro quadrato della doppia sezione meridiana, sino allo sforzo di 34 chilogrammi, e quindi di 2 in 2 chilogrammi sino alla rottura; sotto ogni sforzo, si misurarono gli scostamenti momentanei dei due semi-dischi di ghisa; cessato lo sforzo, e lasciato riprendere all'anello lo stato di riposo, si misurarono gli scostamenti permanenti. Prendendo il doppio di questi scostamenti, si ebbero gli allungamenti totali permanenti e momentanei subiti dalla circonferenza media dell'anello, che si ridussero poi esprimendoli in millesimi della sua lunghezza primitiva.

Nel seguente specchio si riunirono i risultati medii per ogni cerchio nei varii stati di tempra, e con essi si tracciarono le curve medie degli allungamenti momentanei e permanenti (Tav. VIII[a]).

RISULTATI MEDII

delle esperienze per trazione interna su anelli di cerchi Petin-Gaudet ($Marca$ $\frac{A}{I}$ $\frac{A}{II}$ $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$)

Gli allungamenti sono espressi in millesimi della lunghezza della circonferenza primitiva media.

SFORZI SUCCESSIVI PER CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO	CERCHI $\frac{A}{I}$ $\frac{A}{II}$								CERCHI $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$			
	Rinvenuti di tempra		Stato naturale		Tempra dolce		Tempra dura		Rinvenuti di tempra		Stato naturale	
	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti
	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.	milles.
1	0,024		0,064		0,000		0,012		0,024		0,059	
2	0,072		0,166		0,000		0,024		0,185		9,199	
3	0,208		0,299		0,036		0,024		0,249		0,342	
4	0,297		0,415		0,084		0,018		0,342		0,454	
5	0,397		0,180		0,094		0,060		0,386		0,565	
6	0,484		0,523		0,122		0,134		0,419		0,689	
7	0,545		0,662		0,184		0,210		0,500		0,770	
8	0,623		0,726		0,220		0,272		0,574		0,831	
9	0,684		0,792		0,258		0,308		0,625		0,930	
10	0,771		0,875		0,304		0,320		0,709		1,041	
11	0,856		0,957		0,332		0,370		0,798		1,111	
12	0,931		1,039		0,360		0,382		0,885		1,183	
13	1,019		1,145		0,396		0,418		0,968		1,234	
14	1,095		1,188		0,406		0,468		1,043		1,314	
15	1,143		1,303		0,414		0,484		1,108		1,412	
16	1,219		1,402		0,472		0,496		1,156		1,504	
17	1,305		1,469		0,496		0,530		1,208		1,614	
18	1,369		1,533		0,556		0,566		1,295		1,704	
19	1,431		1,577		0,618		0,582		1,378		1,794	0,018
20	1,517		1,676		0,680		0,632		1,467		1,884	0,040
21	1,604	0,012	1,741	0,017	0,728		0,684		1,567		2,005	0,109
22	1,781	0,088	1,789	0,035	0,840		0,718		1,638		2,124	0,140
23	2,072	0,304	1,921	0,086	0,938		0,718		1,713		2,271	0,269
24	2,763	1,002	2,166	0,311	1,024		0,770		1,814	0,012	2,415	0,380
25	5,115	3,243	3,479	1,506	1,138		0,806		2,165	0,024	2,604	0,442
26	8,099	6,155	5,960	3,684	1,226		0,868		2.337	0,072	2,795	0,651
27	12,571	11,293	10,174	7,952	1,452		0,916		2,519	0,168	3,036	0,891
28	18,677	15,289	16,826	14,477	1,632		1,066		2,899	0,350	3,488	1,230
29	23,750	20,212	22,433	20,731	1,796		1,228		3,565	0,961	3,908	1,537
30	27,148	24,246	29,519	26,626	1,984	0,012	1,512		4,293	1,740	4,617	2,044
31	32,765	27,742	35,666	32,874	2,194	0,096	1,720		5,259	2,773	5,666	3,113
32	37,195		40,882		2,456	0,370	2,112	0,108	7,478	4,901	6,711	4,068
33	47,795		46.380		3,032	0,512	2,762	0,670	9,811	6,388	7,926	5,125
34	49,119		51,511		3,764	1,066	3,942	1,318	10,887	8,080	9,550	6,745
35	58,470		66,707		5,348	2,218	8,428	4,158	14,940		12,706	

I risultati individuali delle esperienze sono indicati nello *Specchio esperimentale di dettaglio* N° 4.

Nel seguente specchio si sono riuniti i dati parziali dei singoli anelli relativi all'elasticità ed alla rottura, non che i valori medii pei vari stati di tempra presi per ogni cerchio, unitamente al valore medio del coefficiente speciale d'elasticità (E).

SPECCHIO RIASSUNTIVO

delle esperienze per trazione interna su anelli di cerchi Potin-Gaudet (*Marca* $\frac{A}{I}$ $\frac{A}{II}$ $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$) **variamente temprati.**

STATO DI TEMPRA DEI CERCHI	DISTINZIONE DEGLI ANELLI ESPERIMENTATI	Sforzi momentanei e successivi di chilogramma in chilogramma per mill. quad. della sezione sino a 34 chil. quindi da 2 in 2 chil. — Resistenza elastica: Sforzo per mill. quad. della sezione	Allungamento momentaneo in millesimi	Coefficiente speciale per questo genere di prova	Resistenza alla rottura: Sforzo per mill. quadr. della sezione primitiva	Rapporto p. % della sezione di rottura alla primitiva	Allungamento alla rottura in millesimi
Rinvenuti di tempra	Cerchio $\frac{A}{I}$, Anello N° 2 interno	20	1,61		40	50,5	(1)
	» $\frac{A}{II}$ » 6 esterno	24	1,77		39	55,7	115
	» » » 10 interno	21	1,55		40	45,0	(1)
	» » » 14 esterno	21	1,67		40	57,3	96
Stato naturale......	Cerchio $\frac{A}{I}$ » 1 interno	20	1,97		40	63,2	(1)
	» » » 5 esterno	24	1,77		40	44,0	124
	$\frac{A}{II}$ » 13 esterno	23	1,86		39	55,2	110
Tempra dolce.......	$\frac{A}{I}$ » 3 interno	30	2,02		53	58,7	(1)
	» » » 7 esterno	29	2,15		50	69,3	57
	$\frac{A}{II}$ » 11 interno	32	2,02		58	93,3	48
	» » » 15 esterno	33	2,99		54	36,7	24
Tempra dura	$\frac{A}{I}$ » 4 interno	33	2,67		52	56,5	92
	» » » 8 esterno	31	2,20		48	56,7	81
	$\frac{A}{II}$ » 12 interno	34	2,17		58	56,7	86
	» » » 16 esterno	33	2,35		50	56,6	62
MEDIA DEI.....	Cerchi $\frac{A}{I}$ $\frac{A}{II}$ Rinvenuti di tempra	21,5	1,65	13,030	40	52,1	105
	» » Allo stato naturale	22,3	1,87	11,920	40	54,1	117
	» » Tempra dolce	31,2	2,14	14,550	54	79,5	43
	» » Tempra dura	32,7	2,20	14,860	50	56,5	81
Rinvenuti di tempra	$\frac{B}{I}$, Anello N° 18 interno	26	2,02		46	51,2	78
	» » » 23 esterno	24	1,86		46	53,0	67
	$\frac{B}{II}$ » 28 interno	27	2,23		46	49,0	56
	» » » 33 esterno	27	2,20		54	62,5	72
Stato naturale.......	Cerchio $\frac{B}{I}$ » 17 interno	18	2,07		48	62,7	74
	» » » 19 interno	27	2,02		47	52,5	73
	» » » 22 esterno	20	1,57		48	55,0	68
	$\frac{B}{II}$ » 27 interno	20	2,17		46	77,3	62
	» » » 32 esterno	18	1,43		46	64,5	31
MEDIA DEI.....	Cerchi $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$ Rinvenuti di tempra	26	2,08	12,500	48	53,9	76
	» » Allo stato naturale	20	1,86	10,750	47	62,4	62

(1) Non misurati.

Dall'esame dei risultati esperimentali si rilevano i seguenti fatti:

1° Tenacità. — La media degli sforzi di rottura degli anelli estratti dai cerchi $\frac{A}{I}$ ed $\frac{A}{II}$ è di chil. 40, sia per quelli *rinvenuti di tempra* che per quelli *allo stato naturale;* per quelli estratti dai cerchi $\frac{B}{I}$ e $\frac{B}{II}$ essa è di chilogrammi 48 pei primi, e di chilogrammi 47 pei secondi; si verifica dunque uguale tenacità negli stessi cerchi, sieno essi *rinvenuti di tempra*, ovvero nello *stato naturale*. Quanto erasi verificato al § III, nelle esperienze per trazione diretta su saggi cilindrici, relativamente all'aumento di resistenza di circa $^1/_4$ prodotto dalla tempra, è pienamente confermato in queste, ove lo sforzo di rottura varia da chilogrammi 50 a 54; è ugualmente notevole che tanto in queste esperienze che in quelle del § III, la tempra *dolce* fu quella che comunicò sempre al metallo maggiore tenacità.

2° Elasticità. — I cerchi *rinvenuti di tempra, allo stato naturale, e temprati* presentano sino al limite d'elasticità degli allungamenti proporzionali agli sforzi; pei cerchi $\frac{A}{I}$ ed $\frac{A}{II}$ lo sforzo corrispondente al limite d'elasticità è pressochè uguale, tanto per gli anelli *rinvenuti di tempra* (chilogr. 21,5), che per quelli allo *stato naturale* (chilogr. 22,3); tanto nei cerchi $\frac{A}{I}$ ed $\frac{A}{II}$ che in quelli $\frac{B}{I}$ e $\frac{B}{II}$ rilevasi una elasticità maggiore in quelli *rinvenuti* che in quelli allo *stato naturale*, poichè pei primi il valore medio di (E) è di 12,765 (13,030 e 12,500), mentrechè pei secondi è di 11,335 (11,920 e 10,750); gli effetti della tempra sono alquanto sensibili, aumentando notevolmente la potenza elastica del metallo, come vedesi dal valore di (E) che, pei cerchi allo stato di tempra, ascende fino a 14,860.

3° Malleabilità. — Il rapporto fra le sezioni di rottura e quelle primitive è all'incirca uguale per i cerchi *rinvenuti* od *allo stato naturale;* per quelli a *tempra dolce* questo rapporto è alquanto maggiore (79,5)

che per quelli a tempra dura (56,5), e notevolmente superiore a quello medio dei cerchi *rinvenuti* o *allo stato naturale* (53,1); questo fatto pienamente concorda colle esperienze precedenti, mentre, come in queste, si osserva che sotto la *tempra dolce* la potenza molecolare è sensibilmente accresciuta, verificandosi alla rottura un allungamento minore che per gli altri.

Conclusione finale. — Da queste diverse osservazioni si conchiuse:

a) *Il metallo dei cerchi Petin-Gaudet essere indubitatamente ferro-acciaioso (pudellato) suscettibile di temprarsi;*

b) *Nel loro stato naturale d'impiego, essere i cerchi temprati in modo talmente impercettibile, da potersi la tempra considerare come di effetto insensibile;*

c) *Potersi perciò ricorrere alla fucinatura per la preparazione dei saggi, purchè però adoprata colle debite cautele, senza tema di alterare le proprietà del metallo;*

d) *Essere utile di eseguire altre esperienze, allo scopo di stabilire il paragone fra il metodo di trazione interna su anelli interi di cerchi, e quello di trazione longitudinale su saggi ottenuti raddrizzando gli anelli col fuoco.*

§ VII.

Esperienze comparative fra il metodo di *trazione interna* su anelli interi di cerchi e quello di *trazione longitudinale* su anelli di cerchi sviluppati in sbarre, estratti a freddo da cerchi Petin-Gaudet $\left(\textit{Marca}\ \frac{B}{I}, \frac{B}{II}, \frac{C}{I}, \frac{C}{II} \right)$ **e da cerchi Krupp** $\left(\textit{Marca}\ \frac{K}{I}, \frac{K}{II} \right)$.

L'utilità di queste esperienze era dimostrata da ciò, che i risultati di quelle eseguite su anelli di cerchi sottoposti a trazione interna di cui al § precedente, sebbene quasi concordanti con quelli ottenuti nelle esperienze a trazione longitudinale riferite al § III, non si possono considerare come *assoluti*, ma solo come *relativi;* e ciò per le diverse cause d'errore inerenti a quel genere di prova.

Dagli stessi cerchi i cui anelli erano stati sottoposti alla trazione interna come nel § precedente, si staccarono uguali anelli che vennero sviluppati in sbarre e raddrizzati *con leggero calore,* fucinandone le estremità per ridurle alla forma del saggio indicato Tav. II^a, Fig. 4^a; si sottoposero poi le sbarre così ottenute a trazione longitudinale, il che permetteva di raggiungere una speciale esattezza per la considerevole lunghezza delle sbarre esperimentate.

Potendosi poi disporre di due cerchi d'acciaio (fuso) di Krupp per cannoni da cent. 16, vennero dessi impiegati in queste esperienze comparativamente a cerchi della stessa dimensione di Petin-Gaudet $\left(\textit{Marca}\ \frac{C}{I}, \frac{C}{II}\right)$.

Nel seguente specchio sono indicate le specie dei cerchi ed i numeri degli anelli estratti ed impiegati alle prove comparative:

MARCA DISTINTIVA DEI CERCHI		Numero d'ordine degli anelli esperimentati	
		a trazione interna sotto forma d'anelli	a trazione longitudinale con sbarre preparate sviluppando gli anelli
Petin-Gaudet......	$\frac{B}{I}$ (da obici da cent. 22), Tav. VII^a, Fig. 3^a	17, 19, 22 (1)	20, 24, 25
	$\frac{B}{II}$ (»), » » 4^a	27, 32 (1)	29, 34, 36
	$\frac{C}{I}$ (da cannoni da c. 16), » » 7^a	—	2
	$\frac{C}{II}$ (»), » » 8^a	10, 12	4
Krupp	$\frac{K}{I}$ (»), » » 5^a	16, 20	13, 17
	$\frac{K}{II}$ (»), » » 6^a	24	21, 25

(1) Le esperienze per *trazione interna* sugli anelli dei cerchi $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$ sono quelle riferite nel § VI, e vengono riportate per paragonarle a quelle per *trazione longitudinale* sugli anelli sviluppati in sbarre degli stessi cerchi.

Le dimensioni degli anelli dei cerchi $\frac{B}{I}, \frac{B}{II}$ esperimentate a *trazione interna* sono indicate nello specchio a pagina 56: quelle degli anelli dei cerchi $\frac{C}{I}, \frac{C}{II}, \frac{K}{I}, \frac{K}{II}$ esperimentati a *trazione interna* sono riferiti nel seguente specchio:

DIMENSIONI	CERCHI $\frac{C}{I}$ $\frac{C}{II}$		CERCHI $\frac{K}{I}$ $\frac{K}{II}$	
	Anelli		Anelli	
	Interni	Esterni	Interni	Esterni
Diametro medio . . . . millim.	495	560	491	556
Lunghezza della circonferenza media »	1555	1759	1543	1748
Larghezza dell'anello . . . . . »	30		24	
Grossezza . . . . »	20		16	
Superficie della doppia sezione meridiana . . . . mill. q.	1200		768	

Nelle esperienze per *trazione longitudinale*, gli anelli estratti dai cerchi nel modo solito per mezzo del tornio, vennero tagliati secondo una loro generatrice, e poscia sviluppati in sbarre e drizzati sotto lo strettoio idraulico, previo un leggero riscaldamento. Le estremità vennero schiacciate *(refoulées)* alla fucina ed il saggio disposto com'è indicato a Tav. II^a, Fig. 4^a. Le dimensioni erano le seguenti:

Lunghezza della sbarra . . . . $l = 1000$ millim.

Sezione rettangolare della sbarra { dei cerchi C . $s = 30 \times 20 = 600^{\text{mill.q.}}$
{ » » K . $s = 24 \times 16 = 384$ »

Nelle esperienze per *trazione interna*, le misure degli allungamenti momentanei e permanenti furono prese esattamente come in quelle descritte al § VI (pag. 54), epperciò misurate col nonio.

Nelle esperienze per *trazione longitudinale* gli sforzi si operarono di chilogramma in chilogramma per millimetro quadrato della sezione del prisma sino a 34 chilogrammi, quindi di 2 in 2 chilogrammi sino alla

rottura. Ad ogni sforzo si misurarono gli allungamenti momentanei e permanenti col misuratore a stantuffo, col quale si può osservare il centesimo di millimetro.

Nello specchio esperimentale N° 5 sono riportati i risultati individuali ottenuti nei due generi di prove. In ambo i casi gli allungamenti furono ridotti in millesimi della lunghezza primitiva; per le esperienze di trazione interna, gli allungamenti sono dedotti da quelli misurati sulla circonferenza media sviluppata, e per quelle di trazione longitudinale si riferiscono alla lunghezza del prisma (1).

Nel seguente specchio si riunirono in gruppi separati i risultati medii pei singoli anelli d'ogni cerchio e per ognuno dei generi di prova, e nelle Tavole IX^a^ e X^a^ si tracciarono le curve medie degli allungamenti momentanei e permanenti, per ogni cerchio cimentato tanto alla *trazione interna* che a quella *longitudinale*.

(1) La lunghezza delle sbarre essendo di 1000 millimetri, gli allungamenti momentanei e permanenti riferiti al millesimo della lunghezza totale, rappresentano perciò dei millimetri.

SPECCHIO RIASSUNTIVO delle esperienze comparative all'elasticità ed alla rottura, di anelli di cerchi *cimentati alla trazione interna;* e di anelli di cerchi sviluppati in sbarre cimentati alla *trazione longitudinale* dei cerchi Petin-Gaudet $\left(Marca\ \frac{B}{I}\ \frac{B}{II}\ \frac{C}{I}\ \frac{C}{II}\right)$ e dei cerchi Krupp . . . $\left(Marca\ \frac{K}{I}\ \frac{K}{II}\right)$.

Distinzione dei saggi e delle qualità dei cerchi		Resistenza elastica: Sforzo per millim. quadrato della sezione.	Resistenza elastica: Allungamento momentaneo.	Resistenza elastica: Coefficiente d'elasticità	Resistenza alla rottura: Sforzo per millim. quadrato della sezione.	Resistenza alla rottura: Rapporto della sezione di rottura a quella primitiva.	Resistenza alla rottura: Allungamento alla rottura.
		Sforzi momentanei e successivi di chilogramma in chilogramma per millim. quadrato della sezione fino a 34 chilogrammi quindi di 0 in 2 chilogrammi.					
Trazione interna su anelli di cerchi.		chilog.	milles.	chilog.	chilog.	p. %	milles.
				(E)			
Cerchi Petin-Gaudet (*ferro-acciaioso*)	Cerchio $\frac{B}{I}$, Anello N° 17 Interno . . .	18,0	2,07		48,0	62,7	74
	» » » 19 Interno . . .	27,0	0,02		47,0	52,5	73
	» » » 22 Esterno . . .	20,0	1,57		48,0	55,0	66
	» $\frac{B}{II}$ » 27 Interno . . .	20,0	2,17		46,0	77,3	62
	» » » 32 Esterno . . .	18,0	1,43		46,0	64,5	31
	MEDIA DEI CERCHI $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$	20,0	1,86	10750	47,0	62,4	62
	Cerchio $\frac{C}{II}$, Anello N° 30 Interno . . .	26,0	2,00		43,0	52,3	103
	» » » 12 Esterno . . .	26,0	3,00		42,5	53,2	92
	MEDIA DEL CERCHIO $\frac{C}{II}$	26,0	2,50	10400	42,7	52,7	97
Cerchi Krupp (*acciaio*)	Cerchio $\frac{K}{I}$, Anello N° 16 Interno . . .	27,0	2,36		58,0	65,6	84
	» » » 20 Esterno . . .	25,0	2,52		52,6	93,4	59
	» $\frac{K}{II}$ » 24 Interno . . .	31,0	2,60		60,0	60,8	56
	MEDIA DEI CERCHI $\frac{K}{I}$ $\frac{K}{II}$	27,7	2,50	11000	56,2	73,3	66
Trazione longitudinale su anelli di cerchi sviluppati in sbarre.				E			
Cerchi Petin-Gaudet (*ferro-acciaioso*)	Cerchio $\frac{B}{I}$, Sbarra dell'anello N° 20 Interno	19,0	1,00		40,0	52,5	135
	» » » 24 Esterno	21,0	0,94		39,0		56,5
	» » » 25 Esterno	20,0	0,97		42,3	66,0	92
	» $\frac{B}{II}$ » 29 Interno	22,0	1,08		42,3	49,0	150
	» » » 34 Esterno	23,0	1,08		43,5	45,5	92
	» » » 36 Esterno	22,0	1,04		43,5	45,5	140
	MEDIA DEI CERCHI $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$	21,2	1,02	20730	41,8	50,4	120
	Cerchio $\frac{C}{I}$, Sbarra dell'anello N° 2 Esterno	26,0	1,28		41,3	51,5	155
	» $\frac{C}{II}$ » 4 Esterno	26,0	1,21		43,0	54,5	105
	MEDIA DEI CERCHI $\frac{C}{I}$ $\frac{C}{II}$	26,0	1,24	20968	42,1	52,7	130
Cerchi Krupp (*acciaio*)	Cerchio $\frac{K}{I}$, Sbarra dell'anello N° 13 Interno	28,0	1,40		56,7	63,0	77
	» » » 17 Esterno	28,0	1,52		52,0	67,7	55
	» $\frac{K}{II}$ » 21 Interno	27,0	1,50		56,0	62,0	82
	» » » 25 Esterno	27,7	1,45		54,7	52,0	81
	MEDIA DEI CERCHI $\frac{K}{I}$ $\frac{K}{II}$	28,0	1,39	19700	54,0	61,0	74

I risultati individuali delle esperienze sono indicati nello *Specchio sperimentale di dettaglio* N° 5.

Dall'esame dei risultati sperimentali rilevansi i seguenti fatti:

1° Gli sforzi corrispondenti al limite d'elasticità ed alla rottura, avuti per le diverse specie di cerchi col metodo della *trazione interna*, sono pressochè uguali a quelli avuti col metodo della *trazione longitudinale;* ed infatti si hanno le cifre seguenti:

Cerchi		B B / I II	C C / I II	K K / I II
Sforzo al limite d'elasticità	Metodo di trazione interna Chilog.	20,0	26,0	27,7
	» longitudinale »	21,2	26,0	26,0
Sforzo alla rottura..........	Metodo di trazione interna Chilog.	47,0	42,7	56,9
	» longitudinale »	41,8	42,1	54,9

2° Gli allungamenti momentanei e permanenti trovati col metodo della *trazione interna*, riescono molto maggiori ed in taluni casi anche doppi di quelli trovati col metodo della *trazione longitudinale.* Lo stesso dicasi conseguentemente del valore dei coefficienti d'elasticità, ed infatti:

Cerchi		B B / I II	C C / I II	K K / I II
Valori di	(E)	10750	10460	11080
	E	20730	20968	19700

Questa differenza notevole nei valori trovati coi due metodi di prova, deve attribuirsi alla compressione dei due semidischi interni di ghisa, al loro diverso diametro, agli attriti inegualmente ripartiti... ecc., ecc.

3° Il confronto fra i cerchi Petin-Gaudet e quelli Krupp dà a divedere che, in quanto a *resistenza elastica,* i due metalli si trovano in condizioni press'a poco uguali, mentre in quanto a *resistenza alla rottura,* il secondo presenta una notevole superiorità sul primo; questa resistenza cioè è pei due metalli nel rapporto di 1,30 a 1,00.

Da queste diverse osservazioni si può trarre la seguente conclusione:

CONCLUSIONE. — a) *Non potersi ricorrere al metodo della trazione interna per la ricerca degli allungamenti momentanei e permanenti, mentre*

per la ricerca degli sforzi di rottura e di quelli corrispondenti al limite d'elasticità, puossi considerare detto metodo come sufficientemente esatto;

b) *In considerazione però del numero limitato di esperienze comparative eseguite fra i due metodi di prova, non potersi decidere in modo assoluto sul metodo della trazione interna; ma tenendo conto della facilità di preparazione dei saggi, sviluppando gli anelli per sottoporre le sbarre alla trazione longitudinale, e della possibilità di ottenere così le sbarre costantemente di dimensioni precise, doversi adottare unicamente le prove per* TRAZIONE LONGITUDINALE *dalle quali si possono ottenere risultati più precisi e completi, e doversi abbandonare perciò le prove per* TRAZIONE INTERNA.

Titolo III.

ESPERIENZE SULL'ELASTICITÀ E LA RESISTENZA ALLA TRAZIONE DEI CERCHI PETIN-GAUDET. — PROVE MECCANICHE PER LA COLLAUDAZIONE DEI CERCHI

§ I.

Coefficienti d'elasticità e resistenza alla rottura nei cerchi Petin-Gaudet.

Le esperienze riferite nel precedente Titolo, sebbene eseguite allo scopo di ricercare le proprietà elastiche e resistenti del ferro acciaioso col quale sono fabbricati i cerchi Petin-Gaudet, non permisero tuttavia se non di ricavare principalmente le norme esperimentali da seguirsi in massima nelle prove. Difatti i risultati ottenuti coi saggi estratti dai cerchi O, H, L, N (*Specchi esperimentali di dettaglio*, N° 1, e 3) non poterono impiegarsi per la determinazione di coefficienti medii, a causa della poca lunghezza dei saggi, e perchè gli allungamenti si misuravano col nonio. D'altra parte i risultati ottenuti sugli anelli dei cerchi $\frac{A}{I}$, $\frac{A}{II}$ esperimentati alla *trazione interna*, dovettero ugualmente essere eliminati poichè fu dimostrata nella conclusione del Titolo precedente l'inesattezza di quel metodo per quanto riflette la ricerca delle proprietà elastiche. I soli risultati esperimentali da potersi perciò prendere in considerazione furono quelli di trazione longitudinale sugli anelli sviluppati in sbarre estratti dai cerchi $\frac{B}{I}$, $\frac{B}{II}$, $\frac{C}{I}$, $\frac{C}{II}$ (*Specchio esperimentale di dettaglio* N° 5), sia per la considerevole lunghezza delle sbarre (mill. 1000), che per essere stati gli allungamenti rilevati col misuratore a stantuffo.

I risultati avuti dagli otto anelli estratti dai quattro cerchi predetti,

presentando notevoli differenze, specialmente al limite di elasticità, ed essendo d'altra parte troppo ristretto il numero di anelli esperimentati per poterne ricavare valori medii di esattezza sufficientemente probabile, si credette opportuno di eseguire esperienze su altri cerchi in modo identico a quelle precedenti, cioè sottoponendo a *trazione longitudinale* anelli di cerchi sviluppati in sbarre, misurando gli allungamenti col misuratore a stantuffo.

Nel seguente specchio sono indicate la specie dei cerchi, ed i numeri degli anelli estratti ed impiegati alle prove.

MARCA DISTINTIVA DEI CERCHI PETIN-GAUDET	Numero d'ordine degli anelli sviluppati in sbarre esperimentati a trazione longitudinale
$\frac{B}{III}$ (Tav. VII^a, Fig. 9^a)....	34, 39
$\frac{B}{IV}$ (» » 14^a)....	42, 47
F (» » 10^a)....	51, 52
G (» » 11^a)....	53, 54
M (» » 12^a)....	55, 56
Q (» » 13^a)....	57, 58

Le dimensioni delle sbarre ricavate dagli anelli dei cerchi sviluppati erano le seguenti:

Lunghezza della sbarra . . . . $l = 1000$ mill.

Sezione rettangolare della sbarra . $S = 20 \times 25 = 500$ mill. q.

Coll'esecuzione di queste prove (unitamente a quelle precedenti dei cerchi $\frac{B}{I}, \frac{B}{II}, \frac{C}{I}, \frac{C}{II}$) si ebbero i risultati esperimentali di N° 20 anelli sviluppati, estratti da 10 cerchi, dai quali poteasi ricavare una media generale da ritenersi abbastanza prossima al vero.

Allo scopo però di ottenere un altro valore di detta media con metodo essenzialmente pratico, si compose un *pacchetto* con pezzi di anelli dei cerchi $\frac{A}{I}, \frac{A}{II}, \frac{B}{I}, \frac{B}{II}, \frac{B}{III}, \frac{C}{I}, \frac{C}{II}$ F, G, M (cioè di quasi tutti i cerchi

precedentemente esperimentati) che vennero disposti nel modo indicato Tav. VII^a, Fig. 17^a. Il pacchetto riscaldato al forno venne saldato e ridotto in un massello; questo venne poi tirato sotto il maglio in sbarra di sezione prossima a quella degli anelli. Da questa sbarra si ricavarono N° 4 saggi di 1 metro di lunghezza (oltre le teste), e la cui sezione venne esattamente ridotta alla lima alle dimensioni di quella degli anelli (20×25). Queste 4 sbarre vennero poi esperimentate esattamente come gli anelli di cerchi sviluppati in sbarre.

In queste esperienze per trazione longitudinale, i saggi furono provati successivamente sino alla rottura, cioè sottoposti ai diversi sforzi successivamente crescenti di chilogramma in chilogramma, e dopo misurato l'allungamento momentaneo sotto l'azione di ogni sforzo, lo sforzo stesso si faceva cessare totalmente, per cui ritornato il saggio allo stato di riposo, si poteva misurare l'allungamento permanente. Presentandosi però il dubbio che gli sforzi successivamente crescenti, coll'intervallo di riposo per misurare gli allungamenti permanenti, e quindi la maggior durata delle prove, potessero alquanto influire sulla resistenza finale alla rottura, si riputò conveniente di eseguire altre esperienze, sottoponendo a prova di trazione longitudinale saggi preparati colle parti che avanzavano da ogni anello di cerchio dopo l'estrazione dei saggi di 1 metro. Le dimensioni di questi saggi erano le seguenti:

Lunghezza del prisma . . . . $l = 200$ mill.
Sezione rettangolare del prisma . . $S = 20\times25 = 500$ mill. q.

Questi saggi vennero cimentati *direttamente alla rottura,* sottoponendoli cioè a sforzi di trazione gradatamente crescenti sino alla rottura, senza ritornare mai allo stato di riposo; e si misurarono gli allungamenti momentanei corrispondenti agli sforzi crescenti di 5 in 5 chilogrammi per ogni millimetro quadrato della sezione.

Nello *Specchio esperimentale* N° 6, sono riportati i risultati individuali delle esperienze di trazione longitudinale, sui 12 anelli sviluppati in sbarre dei cerchi $\frac{B}{III}, \frac{B}{IV}$, F, G, M, Q, non che quelli delle esperienze per trazione longitudinale *direttamente alla rottura* dei saggi ricavati dai predetti anelli, oltre quelli ricavati dai cerchi $\frac{B}{I}, \frac{B}{II}, \frac{C}{I}, \frac{C}{II}$.

Nello *Specchio esperimentale* N° 7, sono riportati i risultati delle esperienze analoghe, per le sbarre ricavate dal massello formato con ferro acciaioso dei diversi cerchi Petin-Gaudet.

Nella Tav. II^a si tracciarono le curve relative agli allungamenti momentanei e permanenti sin poco oltre il limite d'elasticità, e nella Tav. XV^a quelle degli allungamenti momentanei sino alla rottura, ricavando i dati relativi dallo specchio seguente, nel quale sono riassunti i valori medii delle diverse esperienze predette.

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei risultati medii ottenuti nelle esperienze per trazione longitudinale di anelli dei cerchi Petin-Gaudet $\left(\textit{Marca}\ \frac{B}{I}\ \frac{B}{II}\ \frac{B}{III}\ \frac{B}{IV}\ \frac{C}{I}\ \frac{C}{II}\ F\ G\ M\ Q \right)$ **e di saggi del massello di detti cerchi, nelle prove eseguite successivamente sino alla rottura ed in quelle eseguite direttamente alla rottura.**

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	Media generale degli allungamenti degli anelli dei cerchi $\frac{B}{I}\ \frac{B}{II}\ \frac{B}{III}\ \frac{B}{IV}\ \frac{C}{I}\ \frac{C}{II}$ F G M Q			Media generale degli allungamenti delle sbarre ricavate dal massello		
	N° 20 anelli successivamente sino alla rottura l=1000 millim. s=500 m. q.		N° 17 saggi direttamente alla rottura l=200 mill s=500 m. q.	N° 4 sbarre successivamente sino alla rottura l=1000 millim. s=500 m. q.		N° 2 saggi direttamente alla rottura l=200 mill. s=500 m. q.
	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Momentanei	Permanenti	Momentanei
1	0,00			0,00		
2	0,03			0,00		
3	0,06			0,02		
4	0,10			0,05		
5	0,14		0,04	0,10		0,10
6	0,19			0,14		
7	0,21			0,19		
8	0,30			0,24		
9	0,35			0,29		
10	0,40		0,26	0,34		0,38
11	0,46			0,40		
12	0,51			0,45		
13	0,56			0,51		
14	0,62			0,56		
15	0,67		0,57	0,61		0,62
16	0,72			0,67		
17	0,77			0,73		
18	0,81			0,78		
19	0,89			0,84		
20	0,94		1,07	0,89		0,90
21	1,00	0,01		0,94		
22	1,12	0,05		0,98		
23	1,25	0,10		1,13	0,11	
24	1,61	0,32		1,34	0,23	
25	2,00	0,79	1,84	1,55	0,41	1,15
26	2,92	1,65		1,81	0,58	
27	3,84	2,48		2,32	0,92	
28	5,29	3,81		3,10	1,73	
29	7,19	5,25		4,24	2,81	
30	10,18	8,60	10,18	7,38	6,29	2,48
31	13,82	12,12		12,45	10,77	
32	18,94	17,12		15,50	13,74	
33	27,64	22,70		22,07	20,11	
34	30,02	27,07	31,15	27,60	25,50	12,15
36	45,29	43,61		41,50	39,56	
38	61,49	59,00		50,32	57,92	
40						43,55
VALORI INDIVIDUALI MEDII						
Sforzo alla rottura sulla sezione primitiva chilog.	42,0		47,2	41,0		41,5
Allungamento alla rottura . . . . milles.	115		139	106,5		95
Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva. . . . . p. %	54,5		55,0	63,5		70,1
Sforzo al limite d'elasticità . . . . chilog.	21,13		—	24,75		—
Allungamento id . . . . milles.	1,167		—	1,16		—
Coefficiente id . . . . —	20934		—	21336		—
Sforzo alla rottura sulla sezione di rottura . . . . chilog.	76,9		76,6	64,6		59,2

I risultati individuali delle esperienze sono indicati nei *Specchi esperimentali di dettaglio* N^i 5, 6, 7.

Per potere con maggior facilità stabilire gli elementi numerici per la determinazione del coefficiente d'elasticità medio del ferro acciaioso (pudellato) col quale sono fabbricati i cerchi Petin-Gaudet, si riunirono nel seguente specchio i risultati individuali medii delle esperienze precedenti, non che quelli delle esperienze fatte sui saggi estratti dai cerchi H, N, L (Titolo II, § V).

SPECCHIO RIASSUNTIVO delle esperienze per trazione longitudinale su anelli sviluppati ricavati dai cerchi Petin-Gaudet.

DISTINZIONE DEGLI ANELLI E MARCA DEI CERCHI PETIN-GAUDET	Saggi sperimentali successivamente sino alla rottura							Saggi sperimentali direttamente alla rottura $l=200$			
	Resistenza elastica			Resistenza alla rottura							
	Sforzo per millimetro quadrato della sezione	Allungamento momentaneo.	Coefficiente d'elasticità	Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva	Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura	Rapporto della sezione di rottura a quella primitiva.	Allungamento totale	Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva	Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura	Rapporto della sezione di rottura a quella primitiva.	Allungamento totale
	chilog.	milles.		chilog.	chilog.	9. %	milles.	chilog.	chilog.	9 %	milles.
N° 3 Anelli del cerchio $\frac{B}{I}$ (lungh. 1000) (*Specchio sperimentale* N° 5)	20,0	0,97	20618	40,4	76,0	54,9	96,5	37,7	73,7	51,2	119
» 3 » $\frac{B}{II}$ (») (» 5)	22,3	1,07	20842	42,1	90,8	46,7	127	40,5	83,0	48,8	112
» 2 » $\frac{B}{III}$ (») (» 6)	24,0	1,25	19900	40,5	83,7	48,4	115	42,6	79,9	53,3	165
» 2 » $\frac{B}{IV}$ (») (» 6)	25,5	1,20	21950	40,5	77,0	52,6	81	42,9	75,4	56,0	144
» 1 » $\frac{C}{I}$ (») (» 5)	26,0	1,28	21487	42,0	80,9	51,5	155	44,3	78,4	56,5	145
» 1 » $\frac{C}{II}$ (») (» 5)	26,0	1,21	19719	41,2	84,6	54,5	105	41,7	78,4	53,2	115
» 2 » F (») (» 6)	28,0	1,38	20290	47,6	69,5	68,5	93	50,0	75,0	66,7	140
» 2 » G (») (» 6)	22,5	1,03	21640	39,7	67,0	44,5	115	39,1	67,4	58,0	107
» 2 » M (») (» 6)	22,5	1,04	21631	43,0	84,6	50,8	130	43,2	78,6	55,0	137
» 2 » Q (») (» 6)	27,5	1,24	22177	45,8	58,0	70,9	115	40,8	78,6	51,9	210
Media generale delle 20 esperienze dei cerchi $\frac{B}{I}$ $\frac{B}{II}$ $\frac{B}{III}$ $\frac{B}{IV}$ $\frac{C}{I}$ $\frac{C}{II}$ F G M Q	24,43	1,167	20834	43,1	76,9	54,5	115	42,2	76,6	55,0	139
Media di 4 esperienze su sbarre del massello (lunghezza 1000) (*Specchio sperimentale* N° 7)	24,75	1,160	21336	41,0	64,0	63,5	106	41,5	59,2	70,1	85
Media di 3 esperienze su sbarre dei cerchi H L N (lunghezza 300) (*Specchio sperimentale* N° 8).	24,33	1,163	20920	39,3	77,1	49,3	180				
Media di 4 esperienze su anelli del cerchio ad orecchioni (lunghezza 1000) (*Specchio sperimentale* N° 13)	21,0	1,01	20792	42,3	64,1	65,8	105				

Dall'esame dei diversi risultati esperimentali non che dei valori medii che precedono, si rileva:

1° Coefficiente d'elasticità. — I valori trovati precedentemente per ogni serie d'esperienze, sono:

Per 20 anelli di 10 cerchi ordinari . . . E = 20,934
Per 4 sbarre del massello . . . . . . E = 21,336
Per 3 saggi di 3 cerchi ordinari . . . . E = 20,920

Volendo però stabilire il valore del *coefficiente d'elasticità medio* che possa servire di base nella collaudazione dei cerchi, devesi tener conto dei *limiti estremi* massimi e minimi fra i quali trovasi compresa la potenza elastica dei diversi cerchi esperimentati, il loro numero essendo sufficiente per ritenere che essi rappresentano *la media della qualità ordinaria dei cerchi.*

Si riunirono perciò nel seguente specchio i valori estremi massimi e minimi relativi all'elasticità:

Valori di E		Componenti del valore di E	Indicazione dei cerchi		
Massimo	Minimo				
			Con allungamenti uguali		
22177	—	$\frac{27,5}{0,00124}$	Cerchio Q (*Specchio esperim.* N° 6) allungamento 1,24		
—	19200	$\frac{24,0}{0,00125}$	» $\frac{B}{III}$ (» 6) » 1,25		
			Con allungamenti massimi e minimi	Allungamenti	
				Massimo	Minimo
20618	—	$\frac{20,0}{0,00097}$	Cerchio $\frac{B}{I}$ *Specchio esperiment.* (N° 5)	—	0,97
—	20293	$\frac{28,0}{0,00138}$	» F (» 6)	1,38	—
—	22449	$\frac{22,0}{0,00098}$	Massello { Sbarra N° 72 (*Specchio esperim.* N° 7)	—	0,98
22689	—	$\frac{27,0}{0,00119}$	Massello { » 71 (» 7)	1,19	—

Rilevasi dal presente specchio che i cerchi posseggono in massima una sensibile uniformità nelle loro qualità elastiche, essendo assai ristretti i limiti estremi dei valori che le rappresentano. Devesi però notare che, se ad allungamenti uguali havvi una piccola differenza di chilogrammi 3,5 nello sforzo corrispondente al limite d'elasticità $\left(\text{cerchi Q e } \frac{B}{III}\right)$, havvi d'altra parte una differenza non trascurabile di millesimi $1{,}38 - 0{,}97 = 0{,}41$ nei valori degli allungamenti massimi e minimi $\left(\text{cerchi } \frac{B}{I} \text{ e F}\right)$, considerazione molto interessante per determinare il grado di tensione nella cerchiatura delle bocche da fuoco.

Volendo perciò stabilire il *valore del coefficiente d'elasticità*, che possa considerarsi come corrispondente in modo sicuro *alla qualità di fabbricazione media*, e nel quale sia compreso il cerchio di qualità inferiore, nei limiti sempre però delle precedenti esperienze, devesi scegliere lo sforzo *minimo* (chil. 20,0) e l'allungamento massimo (mill. 1,38) corrispondenti al limite d'elasticità; quindi il valore del coefficiente d'elasticità sarà:

$$E = \frac{20{,}0}{0{,}00138} = 14493, \text{ ossia } 14500.$$

Un tal valore di E, stabilito coi sovraesposti limiti, prova che, limitando lo sforzo di tensione da darsi ai cerchi nel cerchiare le bocche da fuoco ad 1 millimetro per metro, si può essere certi che i cerchi conserveranno interamente la loro elasticità.

2° Sforzo di rottura. — Esaminando i risultati dei 13 cerchi, e quelli del massello si rileva:

	Sforzo di rottura in chilogrammi			Osservazioni
	Massimo	Minimo	Medio	
Esperienze su 13 cerchi	48,8	38,0	41,99	Dedotti da 23 anelli
» sul massello	42,0	38,4	41,0	» da 4 sbarre

Il valore medio dello sforzo di rottura sarebbe dunque di chil. 41,99. Devesi però osservare che nelle 23 esperienze eseguite sui 13 cerchi dai quali deducesi detto valore medio, rilevansi:

N° 14 valori particolari *maggiori* di 42 chilogr. (od uguali) e
» 9 » » *minori* » 42 »

perciò crediamo che lo sforzo di rottura da adottarsi, in modo che esso rappresenti il *valore della resistenza media dei cerchi di fabbricazione ordinaria*, includendo anche quelli di resistenza minore, nei limiti però delle presenti esperienze, debba essere:

R = 38 chilogrammi.

3° Riduzione della sezione di rottura. — I valori medii, massimi e minimi della riduzione della sezione di rottura paragonata a quella primitiva sono riuniti nel seguente specchio:

	Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva			*Osservazioni*
	Massimo	Minimo	Medio	
Esperienze su 13 cerchi p. %	70,94	44,45	52,00	Dedotti da 23 anelli
» sul massello	84,00	49,2	63,50	» da 4 sbarre

Opinasi però che la *malleabilità media* della fabbricazione ordinaria dei cerchi Petin-Gaudet, si possa rappresentare abbastanza esattamente, adottando per valore medio il 50 per %, quale rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva, corrispondente quindi allo sforzo medio di rottura di chilogrammi 38,00.

4° Allungamento alla rottura. — Esaminando i risultati dei 10 cerchi e quelli del massello rilevasi:

	Allungamento alla rottura			Osservazioni
	Massimo	Minimo	Medio	
Esperienze su 10 cerchi	15,5	5,7	11,12	Dedotti da 23 anelli
» sul massello	12,5	8,0	10,65	» da 4 sbarre

Devesi però avvertire che nelle 20 esperienze dalle quali si rilevarono i predetti dati:

N° 13 valori individuali sono *maggiori* del 10,0 p. °|₀ (od uguali) e
» 7 » » » *minori* » 10,0 »

5° Legge d'elasticità. — Dall'esame delle curve medie, rappresentanti i risultati delle esperienze sui cerchi Petin-Gaudet, sul massello e sui cerchi Krupp, rilevasi con sufficiente chiarezza che gli allungamenti si verificano sempre proporzionali agli sforzi.

6° Prove eseguite direttamente alla rottura. — Dal paragone dei risultati ottenuti, sottoponendo i saggi *direttamente alla rottura* (*Specchi esperimentali* N° 5, 6 e 7) non rilevansi differenze sensibili con quelli ottenuti nelle prove per sforzi successivi, col ritorno allo stato di riposo dopo ognuno di essi.

Conclusione. — Da queste diverse osservazioni si conchiuse:

a) ***I valori relativi all'elasticità, malleabilità e resistenza alla trazione, da considerarsi come rappresentanti colla più probabile esattezza quelli dei cerchi di ferro-acciaioso Petin-Gaudet di fabbricazione ordinaria, sono i seguenti:***

Coefficiente d'elasticità		14,500
Allungamento corrispondente	millesimi	1,38
Sforzo corrispondente	chilogr.	20,0
» *di rottura*		38,0

Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva p. °|₀ 50,0

b) ***Il sistema di esperienza, consistente nel distaccare dal cerchio***

sul tornio un grande anello, dal quale possonsi ricavare 2 o più anelli, che tagliati secondo una loro generatrice, vengono sviluppati in sbarre di lunghezza non minore di 1 metro, e sottoposti quindi a sforzi di trazione longitudinale, deve considerarsi come assai esatto e perfettamente corrispondente al suo scopo.

§ II.

Esperienze sulla resistenza di un cerchio ad orecchioni Petin-Gaudet per cannoni da cent. 24 G.R.C. a retrocarica.

Nelle esperienze eseguite con un cannone da cent. 24 G. R. C. a retrocarica, avvenne la rottura del cerchio ad orecchioni al primo sparo. La rottura ebbe luogo trasversalmente al cerchio, secondo un piano quasi tangente alla generatrice inferiore dell'orecchione destro, come è indicato dalla Tav. XVI^a^, Fig. 1^a^.

Dall'esame della rottura, rilevasi che l'aspetto del metallo era a grana molto grossa, cristallino, a facce lucenti, senza alcuna traccia di stracciamento, nè apparenza fibrosa. La rottura essendo successa istantaneamente, l'aspetto a grana della sezione di rottura non poteva fornire indicazioni sicure sulla natura del metallo, essendo noto che nelle rotture istantanee, l'aspetto della sezione presentasi generalmente granuloso; per le dimensioni assai robuste del cerchio, essendo esclusa la probabilità che causa della rottura fosse la poca tenacità, ancorchè questa fosse minore che nei cerchi ordinari, parve piuttosto che un tal fenomeno dovesse attribuirsi ad eccessivo riscaldamento del pezzo nella fucinatura, e tale da produrre la *bruciatura* dell'acciaio nel punto dove era avvenuta la rottura; questo fatto si dimostrava anche più probabile per la vicinanza dell'orecchione.

Allo scopo perciò di definire la quistione, si estrassero dal cerchio, per mezzo del tornio, quattro anelli, i quali, sviluppati in sbarre, vennero esperimentati alla trazione longitudinale, seguendo il metodo già esposto.

Nel seguente specchio sono riferiti i risultati esperimentali parziali degli anelli interni N° 1 e 5 e di quelli esterni N° 3 e 7, non che le loro medie:

SPECCHIO PARZIALE E RIASSUNTIVO delle esperienze per trazione longitudinale su anelli sviluppati in sbarre ricavati da un cerchio ad orecchioni Petin Gaudet

Dimensioni dei saggi { lunghezza . . . . . $l = 1000$ millim.
sezione (30×20) $s = 600$ m. c.

Gli allungamenti sono espressi in millesimi della lunghezza totale e furono misurati col misuratore a stantuffo.

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	ANELLO N° 1 I		ANELLO N° 3 E		ANELLO N° 3 I		ANELLO N° 7 E		Media generale	
	Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti	
	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti
1	0,00		0,02		0,00		0,00		0,00	
2	0,08		0,05		0,04		0,00		0,04	
3	0,20		0,11		0,08		0,02		0,10	
4	0,28		0,14		0,16		0,07		0,16	
5	0,35		0,18		0,24		0,12		0,22	
6	0,42		0,21		0,30		0,10		0,28	
7	0,49		0,28		0,37		0,21		0,34	
8	0,56		0,34		0,43		0,25		0,39	
9	0,61		0,39		0,50		0,30		0,45	
10	0,68		0,44		0,53		0,35		0,50	
11	0,71		0,50		0,57		0,40		0,55	
12	0,74		0,54		0,62		0,44		0,59	
13	0,80		0,60		0,66		0,50		0,64	
14	0,86		0,68		0,70		0,54		0,69	
15	0,90		0,73		0,74		0,60		0,74	
16	0,95		0,78		0,78		0,66		0,79	
17	1,00		0,83		0,82		0,72		0,84	
18	1,05		0,88		0,84		0,79		0,89	
19	1,09		0,95		0,86		0,84		0,93	
20	1,13		1,00		0,88		0,89		0,98	
21	1,16		1,64	0,69	0,90		0,94		1,16	0,10
22	1,28	0,10	2,74	1,62	0,94		1,12	0,14	1,52	0,44
23	1,40	0,20	3,22	2,04	1,08	0,13	1,24	0,18	1,74	0,64
24	1,64	0,42	4,96	3,00	1,30	0,25	1,52	0,12	2,15	0,97
25	2,34	1,00	5,40	4,06	1,50	0,50	1,92	0,76	2,70	1,68
26	3,10	1,76	9,60	8,20	1,72	0,62	2,50	1,72	4,23	2,98
27	4,54	3,10	14,85	13,40	2,16	1,00	3,04	1,84	5,12	4,83
28	6,00	4,56	20,00	18,40	2,90	1,66	3,70	2,25	8,10	6,08
29	8,15	6,70	24,65	22,85	3,02	2,30	5,35	4,00	10,14	8,93
30	10,85	9,20	29,10	27,20	4,18	3,50	8,00	6,50	13,13	11,59
31	14,95	16,25	34,50	32,45	5,80	4,28	15,10	13,50	17,59	15,89
32	21,40	19,45	40,50	38,50	21,00	19,30	21,55	19,85	26,12	24,27
34	24,55	22,70	45,50	41,40	25,60	23,75	27,75	21,90	29,83	27,94
36	28,40	26,10	52,50	50,40	32,15	30,00	28,55	26,70	35,42	33,40
38	37,10	34,90	70,00	67,40	40,90	38,55	39,40	37,50	46,85	44,41
40	47,30	45,00			53,10	50,50	51,75	49,50		
42					68,35	55,55	72,25	69,55		
44					99,00	96,00				

VALORI INDIVIDUALI E MEDII	ANELLO N° 1 I	ANELLO N° 3 E	ANELLO N° 3 I	ANELLO N° 7 E	Media generale
Sforzo di rottura sulla sezione di rottura	46,0	64,3	82,0	72,4	64,1
Sforzo di rottura primitiva . . chilog.	42	38,3	46,3	42,4	42,25
Allungamento alla rottura . . . millim.	80	119	116	108	104,5
Sezione di rottura . . . . mill. q.	537	357	336	351	395
Rapporto tra sezione di rottura e sezione primitiva . . . . . p. %	69,5	59,5	56	58,5	65,8
Limite d'elasticità . . . . chilog.	21	20	22	21	21,0
Allungamento corrispondente . millim.	1,16	1,00	0,94	0,94	1,01
Coefficiente d'elasticità.					20799

Dall'esame di questi risultati, rilevasi che detto cerchio trovavasi in quanto a qualità nei limiti fissati al § precedente pei cerchi Petin-Gaudet di fabbricazione ordinaria.

La rottura doveva perciò attribuirsi a difetto locale esistente nella vicinanza dell'orecchione, difetto causato probabilmente da *bruciatura* del metallo in quel punto (1).

§ III.

Prove meccaniche e norme per la collaudazione dei cerchi da bocche da fuoco.

Considerando i risultati ottenuti nelle numerose esperienze finora citate, e che comprendono 31 sbarre ricavate da 14 cerchi diversi (specchi riassuntivi a pag. 74 e 80), si può asserire che queste esperienze sono sufficientemente estese per poter fornire gli elementi necessarii a determinare il sistema di collaudazione ed i limiti da accordarsi, e per infondere la confidenza che i nuovi cerchi, quando soddisfino a prove eguali a quelle cui si sottoposero i cerchi sperimentati, sieno di qualità non inferiore a quelli provvisti dai signori Petin-Gaudet sino a tutto l'anno 1868.

Il sistema che proporrei di adottare per collaudare una provvista di cerchi, ed i limiti delle resistenze per le prove meccaniche, oltre le altre norme fin qui seguite, sarebbe il seguente:

Sistema proposto per la collaudazione. — 1° — I cerchi ordinari componenti uno strato di cerchiatura, sarebbero commessi con una larghezza alquanto maggiore del tracciato, in modo che la lunghezza totale di questa cerchiatura risultasse di circa 5 cent. più lunga del necessario.

I cerchi ad orecchioni sarebbero commessi eziandio con una larghezza maggiore, almeno da una parte, di 5 cent.

(1) Un ingegnere dei signori Petin-Gaudet che visitò il cerchio ad orecchioni, confermava dall'esame della sezione di rottura, l'opinione predetta, del doversi cioè attribuire la rottura ad esagerata elevazione di temperatura in quel punto nelle lavorazioni, mentre nelle altre parti nulla lasciava il cerchio a desiderare.

2° Si dividerebbe la provvista, secondo la sua entità, in varii lotti composti ognuno di un dato numero di serie di cerchi. Ciascheduna serie sarebbe composta dai cerchi d'una bocca da fuoco.

3° Per ogni serie, cioè per la cerchiatura corrispondente ad una stessa bocca da fuoco, si sceglierebbe a caso uno o due cerchi ordinari, e ciò secondo la specie della bocca da fuoco, se ad uno o due strati di cerchi.

4° Da questi cerchi si estrarrebbero anelli colla sezione di almeno 500 mill. quad., che sviluppati in sbarre della lunghezza di un metro, sarebbero sottoposti alle prove di trazione longitudinale successivamente sino alla rottura, con sforzi crescenti di chilogramma in chilogramma per mill. quad. sino a 34 chil., quindi con sforzi di 2 in 2 chilogrammi sino alla rottura.

5° Per ogni cerchio ad orecchione si opererebbe similmente.

6° Lo sforzo determinante il limite d'elasticità non dovrebbe essere inferiore a chilogr. 20 per mill. quad., e l'allungamento momentaneo corrispondente non maggiore di 1,5 millesimi della lunghezza primitiva, colla tolleranza di 0,2 millesimi di allungamento permanente.

7° La rottura, riferita alla sezione primitiva, non dovrebbe succedere sotto uno sforzo inferiore a 38 chilogr. per mill. quad.

8° I cerchi, i cui saggi non avessero raggiunto questi limiti, non sarebbero accettati.

9° Se più di un terzo dei cerchi ordinari stati esperimentati non fossero accettati, l'intiero lotto sarebbe di rifiuto.

10° Se nella preparazione dei saggi, o dopo la rottura, si rilevasse che i saggi stessi presentassero difetti di saldatura longitudinale la cui superficie oltrepassasse il decimo di quella totale della sezione, sarebbero considerati come nulli i risultati delle esperienze, ed i saggi verrebbero sostituiti con altri da estrarsi dagli stessi cerchi.

11° Quando le risultanze delle esperienze, per ciò che riflette il limite di elasticità, fossero alquanto indecise, si ricorrerebbe alla prova di cerchiatura di tronchi di cannoni, da eseguirsi con 3 cerchi per lotto.

Nella cerchiatura dei tronchi, i diametri medii interni dei cerchi dovrebbero essere inferiori di millesimi 1,7 ad 1,8 del diametro esterno del tronco. Eseguita la cerchiatura, dopo 48 ore si procederebbe all'estrazione del tronco. Si misurerebbero quindi i diametri

interni dei cerchi, i quali non dovrebbero conservare un allungamento permanente superiore a 3 millesimi dei loro diametri prima della cerchiatura. Quando 2 cerchi soddisfacessero alla prova, il lotto sarebbe accettato.

Ben inteso che si farebbero tutte le altre osservazioni sui difetti di bollitura, sulla chiarezza del suono quando sono battuti col martello, e sull'aspetto delle sezioni di rottura. Circa quest'ultimo punto, si potrà consultare la Tav. XIX[a] ove vennero rappresentate varie specie e qualità d'acciaio dalle relative fotografie in grandezza naturale. Finalmente sarà sempre utilissimo l'avere una persona tecnica che sorvegli continuamente la fabbricazione, per constatare la regolarità e l'uniformità dei cerchi durante tutte le operazioni successive che essi subiscono.

Conclusione.

Con queste esperienze di collaudazione, si avrebbe la certezza che i cerchi accettati non sarebbero per qualità inferiori a quelli forniti dai signori Petin-Gaudet, la qual cosa è appunto lo scopo delle presenti ricerche.

In quanto ai principii che dovrebbero regolare le tensioni dei cerchi ed il sistema di cerchiatura dei cannoni, si ravvisano necessarie altre esperienze, ed esse formeranno appunto oggetto di nuovi studii, dovendosi tener distinte le due questioni, quella cioè della collaudazione di cerchi, e quella della cerchiatura delle bocche da fuoco.

Titolo IV.

ESPERIENZE SULL'ELASTICITÀ E LA TENACITÀ DI SAGGI VARIAMEMTE TEMPRATI, ESTRATTI DA CERCHI KRUPP E PETIN-GAUDET

Dalle esperienze preliminari (Cap. II, Tit. II) precedentemente esposte, si è potuto ricavare qualche risultato di paragone fra i cerchi Petin-Gaudet nel loro stato naturale, e questi stessi cerchi temprati nell'acqua, non che fra i primi ed i cerchi Krupp di acciaio fuso.

Le precedenti esperienze essendo però alquanto limitate, e la tempra essendosi eseguita solamente al *colore rosso scuro e rosso chiaro*, era desiderabile di eseguirne altre più complete ed estese, su cerchi Petin-Gaudet e Krupp, temprati a temperatura più elevata, tanto nell'acqua che nell'olio, onde poter così rilevare in modo caratteristico le proprietà del ferro acciaioso col quale sono fabbricati i cerchi Petin-Gaudet, comparativamente a quelle dell'acciaio fuso dei cerchi Krupp (1).

Le esperienze si eseguirono sottoponendo a trazione longitudinale anelli sviluppati, estratti dai cerchi nel modo solito, e preventivamente temprati. La tempra si produsse riscaldando i saggi in un forno a riverbero sino al colore *quasi bianco,* quindi immergendoli nell'acqua o nell'olio; allo scopo di ottenere un raffreddamento più rapido, il liquido veniva continuamente rinnovato per impedire l'innalzamento della sua temperatura.

Nel seguente specchio sono indicate le marche dei cerchi ed il numero d'ordine degli anelli sottoposti alla diversa specie di tempra.

(1) Ai N[i] 35 e 38 delle conclusioni finali delle esperienze dell'ingegnere Kirkaldy (riportate nella nota A in fine) è detto che l'acciaio acquista una tempra *molto energica* quando sia fatta ad elevata temperatura e nell'olio.

SPECIE DI TEMPRA DEGLI ANELLI	MARCA DEI CERCHI			
	Petin-Gaudet		Krupp	
	$\frac{B}{III}$	$\frac{B}{IV}$	$\frac{K}{I}$	$\frac{K}{II}$
	N° d'ordine degli anelli	N° d'ordine degli anelli	N° d'ordine degli anelli	N° d'ordine degli anelli
Temperati nell'acqua (color bianco).....	36, 41	40, 50	—	—
» nell'olio (»).....	35	34	19	27

Le dimensioni dei saggi erano le seguenti:

Lunghezza della sbarra . . . . $l = 1000$ mill.

Sezione rettangolare { dei cerchi B... $s = 25 \times 20 = 500$ mill. q.
» K... $s = 24 \times 16 = 384$ » »

Nello *Specchio esperimentale di dettaglio* N° 8, sono indicati i risultati avuti per ogni saggio. Nello specchio seguente si sono riuniti i risultati medii per i cerchi nei diversi stati di tempra, ed allo scopo di facilitare il paragone, si son riportati nella prima, seconda e quinta colonna i risultati delle esperienze precedenti sui 10 cerchi Petin-Gaudet (Tit. III, § I), sulle sbarre del massello e sui 2 cerchi Krupp tutti nel loro stato naturale; per mezzo dei risultati medii dati dallo stesso specchio, si sono tracciate le curve medie degli allungamenti momentanei, che trovansi riportate nelle Tavole XII[a] e XV[a].

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei risultati medii ottenuti nelle esperienze *per trazione longitudinale* di anelli dei cerchi Petin-Gaudet $\left(Marca \frac{B}{I}\frac{B}{II}\frac{B}{III}\frac{B}{IV}\frac{C}{I}\frac{C}{II} F\,G\,M\,Q\right)$ e di saggi del massello di detti cerchi nel *loro stato naturale*, comparativamente ad anelli dei cerchi Petin-Gaudet $\left(Marca \frac{B}{III}\frac{B}{IV}\right)$ e Krupp $\left(Marca \frac{K}{I}\frac{K}{II}\right)$ variamente temprati, nelle prove eseguite *successivamente sino alla rottura*.

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIM. QUADRATO DELLA SEZIONE	CERCHI PETIN-GAUDET — N° 20 sbarre di cerchi B/I B/II B/III B/IV C/I C/II F G M Q, Stato naturale — Allung. Mom.	Perm.	N° 4 sbarre del massello, Stato natur. — Mom.	Perm.	N° 4 sbarre, Cerchi B/III B/IV, Temprati nell'acqua — Mom.	Perm.	N° 2 sbarre, Cerchi B/III B/IV, Temprati nell'olio — Mom.	Perm.	CERCHI KRUPP — N° 4 sbarre ricavate dai Cerchi K/I K/II, Stato naturale — Mom.	Perm.	N° 2 sbarre, Cerchi K/I K/II, Temprati nell'olio — Mom.	Perm.
1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
2	0,03		0,00		0,00		0,00		0,10		0,00	
3	0,06		0,02		0,00		0,00		0,14		0,02	
4	0,10		0,05		0,05		0,02		0,18		0,00	
5	0,14		0,10		0,11		0,08		0,23		0,00	
6	0,18		0,14		0,19		0,13		0,28		0,04	
7	0,21		0,19		0,27		0,18		0,33		0,12	
8	0,30		0,24		0,31		0,21	0,01	0,38		0,17	
9	0,38		0,29		0,42		0,26	0,01	0,43		0,22	
10	0,40		0,34		0,50		0,31	0,02	0,48		0,28	
11	0,46		0,40		0,58		0,37	0,02	0,54		0,34	
12	0,51		0,45		0,66	0,03	0,43	0,03	0,58		0,40	
13	0,56		0,51		0,74	0,06	0,49	0,04	0,64		0,47	
14	0,62		0,56		0,82	0,09	0,55	0,06	0,69		0,53	
15	0,67		0,61		0,90	0,12	0,60	0,07	0,74		0,58	
16	0,72		0,67		0,97	0,16	0,67	0,08	0,79		0,65	
17	0,77		0,73		1,06	0,21	0,73	0,09	0,84		0,71	
18	0,83		0,78		1,15	0,26	0,80	0,11	0,89		0,79	
19	0,89		0,84		1,24	0,31	0,88	0,14	0,94		0,83	
20	0,94		0,89		1,35	0,37	0,95	0,16	0,99		0,87	
21	1,00	0,01	0,94		1,45	0,44	1,01	0,19	1,04		0,92	
22	1,12	0,05	0,98		1,56	0,53	1,09	0,22	1,09		0,98	
23	1,26	0,10	1,13	0,11	1,66	0,60	1,17	0,25	1,15		1,04	
24	1,61	0,32	1,34	0,23	1,77	0,68	1,27	0,29	1,21		1,10	
25	2,00	0,72	1,55	0,41	1,89	0,78	1,36	0,35	1,26	0,01	1,18	
26	2,92	1,65	1,81	0,58	2,01	0,88	1,45	0,42	1,32	0,02	1,27	0,06
27	3,84	2,48	2,22	0,92	2,19	0,98	1,55	0,47	1,39	0,07	1,35	0,06
28	5,29	3,81	3,10	1,73	2,35	1,12	1,72	0,56	1,53	0,18	1,42	0,06
29	7,19	5,95	4,21	2,81	2,64	1,23	1,88	0,65	1,68	0,30	1,48	0,08
30	10,18	8,60	7,98	6,39	3,00	1,45	2,03	0,81	2,26	0,68	1,54	0,08
32	18,94	17,12	15,50	13,74	4,53	2,48	2,87	1,51	3,74	2,05	1,60	0,11
34	30,02	27,27	27,60	25,50	8,70	4,85	6,23	4,66	6,00	4,15	1,85	0,18
36	45,29	48,61	41,59	39,56	14,48	7,10	12,40	10,31	8,15	7,10	1,97	0,21
38	61,42	60,00	50,52	57,92	19,85	12,55	22,40	19,40	12,74	10,44	2,15	0,26
40					26,53	17,81	32,97	28,90	16,89	14,54	2,38	0,36
42					35,18	21,14	44,75	40,34	20,37	16,00	2,65	0,54
44					47,64	32,84	60,44	55,75	24,00	21,92	3,03	0,81
46						44,89	81,18	76,28	29,70	26,80	3,78	1,36
48											4,62	2,08
50											5,78	2,90
52											7,16	4,33
54											8,50	5,34
56											10,43	6,06
58											12,46	8,90
60											15,10	11,50
62											17,87	14,06
64											21,49	17,81
66											24,37	20,03
68											28,18	20,08
70											33,47	28,59
RISULTATI INDIVIDUALI MEDII												
Sforzo alla rottura sulla sezione primitiva	42,0		41,0		48,0		48,0		54,8		76,5	
Allungamento alla rottura	115,0		106,5		88,0		111,5		74,0		55,0	
Rapporto fra la sezione di rottura e la primit. p. %	54,5		63,5		58,4		61,3		61,9		86,5	
Sforzo al limite d'elastic.	24,43		24,75		11,5		11,0		26,0		29,0	
Allungamento id.	1,167		1,18		0,61		0,38		1,32		1,40	
Coefficiente id.	20934		21835		18659		20048		19700		20714	
Sforzo alla rottura sulla sezione di rottura	76,9		64,8		82,2		78,3		89,7		88,4	

I risultati individuali delle esperienze sono indicati negli *Specchi sperimentali di dettaglio* N° 5, 6, 7, 8.

Dall'esame dei risultati precedenti rilevasi:

1° Allungamenti. — Paragonando gli allungamenti dei saggi dei cerchi Petin-Gaudet temprati nell'acqua con quelli degli stessi cerchi allo stato naturale, osservasi che, per sforzi uguali, gli allungamenti dei saggi temprati nell'acqua sono notevolmente superiori a quelli dei saggi allo stato naturale, sino allo sforzo di chil. 24; mentre oltre detto sforzo, gli allungamenti dei primi mantengonsi notevolmente inferiori a quelli dei secondi; ed infatti osservasi che, sotto lo sforzo di chil. 38, il loro valore è pei primi di 19,95 e pei secondi di 61,42. L'opposto dicasi del paragone dei saggi temprati nell'olio con quelli temprati nell'acqua e con quelli nello stato naturale, osservando che la tempra nell'olio produce, fino allo sforzo di chil. 36, un effetto maggiore che la tempra nell'acqua; gli allungamenti oltre questo limite dei saggi temprati nell'olio, crescendo rapidamente, provano un vero raddolcimento del ferro acciaioso.

Sull'acciaio dei cerchi Krupp, la tempra nell'olio ebbe per effetto di diminuire notevolmente il valore degli allungamenti, comparativamente a quelli allo stato naturale; così a cagion d'esempio, per lo sforzo di 46 chilogr., l'allungamento dei primi è di 3,78, mentre pei secondi ascende a 29,76.

2° Limite d'elasticità. — La tempra, tanto nell'acqua che nell'olio, produce nel ferro acciaioso dei cerchi Petin-Gaudet un raddolcimento che cresce col crescere dell'energia della tempra, rilevandosi che pei saggi allo stato naturale il limite d'elasticità è di chil. 24,43, mentre per quelli temprati nell'acqua riducesi a 11,5 chil.; e per quelli temprati nell'olio, sebbene difficile a determinarsi, principia ad essere sensibile sotto lo sforzo di chil. 11 circa. Per l'acciaio dei cerchi Krupp, la tempra nell'olio aumenta sensibilmente il limite d'elasticità.

3° Sforzo di rottura. — Pei cerchi Petin-Gaudet, tanto la tempra nell'acqua che quella nell'olio accrebbero di $^{1}/_{7}$ circa la resistenza del metallo nel suo stato naturale, portandola cioè da chilogr. 42 a 48. Pei cerchi d'acciaio Krupp, la tempra aumentò la resistenza di circa $^{1}/_{2}$, cioè da chilogr. 55 a 77.

Titolo V.

ESPERIENZE SULL'ELASTICITÀ E LA TENACITÀ DEL FERRO ACCIAIOSO E DELL'ACCIAIO PROVENIENTI DA FABBRICHE NAZIONALI

§ I.

Ferro-acciaioso pudellato ed acciaio Bessemer di fabbriche italiane.

Essendo intenzione del Governo di promuovere la fabbricazione nazionale dei cerchi per bocche da fuoco, allo scopo di ovviare ai tanti inconvenienti che emergono dalla dipendenza esclusiva d'una sola officina estera, s'interpellarono in proposito alcune officine metallurgiche del regno, che presumibilmente sarebbero state meglio in grado di assumersi detta fabbricazione, producendo cerchi per qualità non inferiori a quelli finora forniti dalla ditta Petin-Gaudet. Due fra le citate officine vollero anzitutto presentare alle esperienze alcuni campioni di ferro acciaioso e d'acciaio, nella fiducia che, qualora le sbarre presentate fossero riconosciute in condizioni analoghe a quelle dei cerchi Petin-Gaudet, anche i cerchi avrebbero ugualmente corrisposto.

Il signor Gregorini presentò sbarre di ferro acciaioso pudellato. Il signor Bozza presentò eziandio sbarre di ferro acciaioso pudellato e diverse qualità d'acciaio Bessemer.

I campioni d'acciaio Bessemer vennero ammessi alle esperienze, poichè erasi avuto contezza che nelle officine della società Cockerill nel Belgio fabbricavansi cerchi da bocche da fuoco in acciaio Bessemer per conto di altri Governi, e diventava interessante il verificare le qualità di quest'acciaio, comparativamente al ferro acciaioso.

Nel seguente specchio sono indicate le diverse qualità di ferro acciaioso pudellato presentato dal signor Gregorini, quelle presentate dal signor Bozza unitamente a diverse specie d'acciaio Bessemer, non cbo la quantità di saggi esperimentati per ogni specie.

SPECIE E MARCHE DELLE SBARRE		Quantità dei saggi esperimentati
Ferro acciaioso pudellato del sig. Gregorini	duro	2
	molle	2
Ferro acciaioso pudellato del sig. Bozza......	Spedizione d'aprile 1871 . . .	3
	» di maggio » . . .	2
Acciaio Bessemer del sig. Bozza...............	Marca del N° 3	3
	» 3 ½	3
	» 4	3
	» 5	3

I saggi vennero preparati della forma indicata a Tav. II^a^, Fig. 3^a^, colle teste avvitate. Secondo la grossezza delle sbarre ricevute, le dimensioni dei saggi furono:

Lunghezza della parte cilindrica . . . $l = 200$ a 250 mill.
Sezione » » » . . . $s = 250$ a 500 mill. quad.

Le prove si fecero per trazione, seguendo le stesse norme osservate nelle esperienze sugli anelli dei cerchi sviluppati in sbarre.

Nel seguente specchio sono indicati i risultati medii delle esperienze, e per mezzo di essi si tracciarono le curve medie degli allungamenti momentanei riportate nella Tav. XIII^a^, nella quale per facilitare i confronti, si rappresentò altresì la curva media generale dei cerchi di ferro acciaioso di Petin-Gaudet.

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei risultati medii ottenuti nelle esperienze di trazione longitudinale su saggi estratti da sbarre di ferri acciaiosi pudellati ed acciai Bessemer di fabbricazione italiana.

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	FERRI ACCIAIOSI PUDELLATI								ACCIAI BESSEMER							
	GREGORINI				BOZZA				BOZZA							
	Qualità dura		Qualità molle		Spedizione d'aprile		Spedizione di maggio		Marca N° 9		Marca N° 9 ½		Marca N° 4		Marca N° 5	
	Media di 2 saggi		Media di 3 saggi		Media di 9 saggi		Media di 2 saggi		Media di 3 saggi		Media di 3 saggi		Media di 9 saggi		Media di 3 saggi	
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
2	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,25		0,00		0,11	
3									0,04		0,35		0,00		0,15	
4	0,00		0,00		0,07		0,10		0,11		0,41		0,00		0,21	
5									0,18		0,52		0,00		0,23	
6	0,10		0,01		0,18		0,20		0,21		0,60		0,01		0,27	
7									0,28		0,71		0,07		0,44	
8	0,20		0,19		0,22		0,30		0,33		0,79		0,10		0,49	
9									0,37		0,91		0,17		0,55	
10	0,34		0,26		0,40		0,40		0,41		0,96		0,23		0,60	
11									0,49		1,05		0,28		0,64	
12	0,44		0,38		0,50		0,55		0,55		1,12		0,33		0,71	
13									0,59		1,17		0,37		0,76	
14	0,54		0,50		0,61		0,60		0,67		1,23		0,45		0,80	
15									0,73		1,31		0,49		0,85	
16	0,66		0,62		0,73		1,15	0,25	0,78		1,36		0,56		0,91	
17									0,84		1,41		0,60		0,96	
18	0,78		0,76		0,84		2,37	1,37	0,89		1,48		0,68		1,01	
19									0,95		1,52		0,73		1,05	
20	0,92		0,92		1,69	0,64	6,96	5,19	1,01		1,59		0,79		1,13	
21									1,05		1,63		0,84		1,17	
22	1,10		1,15	0,18	6,73	5,45	11,42	9,95	1,10		1,71	0,06	0,91		1,24	
23									1,17		1,79	0,18	0,96		1,28	
24	1,26	0,04	1,60	0,14	13,09	11,63	16,19	14,59	1,24		1,89	0,21	1,02		1,33	
25									1,32		2,03	0,35	1,08		1,37	
26	1,46	0,06	2,64	1,24	21,29	19,78	21,00	18,30	1,39	0,09	2,36	0,63	1,14		1,43	
27									1,55	0,15	3,73	1,98	1,18		1,48	
28	1,74	0,10	4,00	2,40	29,87	28,27	27,25	25,27	2,28	0,85	7,54	5,74	1,29	0,02	1,52	
29									4,84	3,34	15,16	13,36	1,37	0,03	1,59	
30	2,16	0,30	2,50	3,74	30,97	37,47	33,18	32,55	11,47	9,96	17,00	15,07	1,44	0,05	1,63	
31									15,73	13,84	22,00	20,03	1,56	0,19	1,68	
32	2,08	0,06	7,30	5,10	52,40	50,73	44,25	41,75	17,02	15,11	25,73	23,63	1,92	0,45	1,73	
33																
34	3,36	1,18	9,30	2,94	64,13	62,00			20,93	18,38	31,40	28,33	4,40	2,00	3,68	1,80
36	4,34	1,04	11,10	8,56	80,93	78,60			26,53	23,79	38,67	36,01	7,08	5,02	16,87	14,67
38	6,40	2,80	13,30	10,47	101,01	101,33			29,33	26,43	47,00	44,17	11,00	8,07	19,40	17,00
40	6,04	3,84	15,80	12,80							57,27	54,17	15,25	12,90	23,80	21,10
42											68,73	65,50	20,15	18,06	27,55	24,02
RISULTATI INDIVIDUALI MEDII																
Sforzo alla rottura sulla sezione primitiva . . . . chilog.	51,7		56,8		40,3		40,0		52,0		47,4		57,8		55,9	
Allungamento alla rottura milles.	15,0		49,8		301,0		250,0		191,8		221,8		166,0		132,0	
Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva . . . . p. %	90,0		95,4		48,9		52,9		72,7		62,4		77,2		86,8	
Sforzo al limite d'elasticità . . . . chilog	25,0		20,0		19,9		15,0		26,3		22,0		28,0		32,8	
Allungamento id. . . milles.	1,50		0,92		0,96		0,95		1,40		1,71		1,25		1,79	
Coefficiente id.	16666		21739		19636		15789		18785		12865		22400		18919	
Sforzo alla rottura sulla sezione di rottura	52,8		60,0		81,4		76,8		71,5		75,9		74,8		64,7	

Dall'esame del precedente specchio, emergono le seguenti considerazioni:

1° Coefficiente d'elasticità. — *Ferro acciaioso pudellato.* — Le qualità presentate dal sig. Gregorini sono superiori a quelle presentate dal sig. Bozza. Osservasi infatti che mentre gli sforzi corrispondenti al limite d'elasticità dei saggi Gregorini sono di chilogr. 25,0 (duro) e 20,0 (molle), con allungamenti rispettivamente di 1,5 e 0,92, quelli dei saggi Bozza non sono che di chilogrammi 19,3 e 15,0 con allungamenti di 0,98 e 0,95.

In quanto ad elasticità, la quantità d'acciaio pudellato *molle* Gregorini, presenta il valore assoluto ed i componenti del coefficiente d'elasticità superiori ad uno dei valori massimi dei cerchi Petin-Gaudet, poichè si ha:

Cerchio Petin-Gaudet $\frac{B}{I}$. . . . $E = \frac{20,0}{0,00097} = 20618$;

Ferro acciaioso Gregorini *molle* . . $E = \frac{20,0}{0,00092} = 21739$.

Acciaio Bessemer. — La specie che si presenta in condizione superiore, è quella colla marca N° 4. La sua potenza elastica è all'incirca uguale a quella del cerchio Petin-Gaudet Q, ed infatti:

Cerchio Petin-Gaudet Q . . . . $E = \frac{27,5}{0,00124} = 22177$;

Acciaio Bessemer del N° 4 . . . $E = \frac{28,0}{0,00125} = 22400$.

Il campione colla marca N° 3 $^1|_2$ trovasi notevolmente inferiore al limite minimo d'elasticità dei cerchi di ferro-acciaioso Petin-Gaudet.

2° Sforzo di rottura. — *Ferro acciaioso pudellato.* — In quanto a resistenza alla rottura, la qualità *molle* presentata dal sig. Gregorini è notevolmente superiore a quella massima dei cerchi Petin-Gaudet; infatti quella della prima è di chilogr. 56,8, e quella dei secondi di chilogr. 48,8 (1).

(1) Non è anche senza interesse il notare che detta resistenza alla rottura di chilog. 56,8 del ferro acciaioso Gregorini, è pressochè uguale a quella della miglior qualità (N° 4) d'acciaio Bessemer presentato dal sig. Bozza.

Acciaio Bessemer. — La resistenza alla rottura è, per tutte le qualità di questo acciaio, notevolmente superiore a quella dei cerchi Petin-Gaudet, e quello colla marca N° 4 mostrasi superiore agli altri.

3° Allungamento alla rottura. — *Ferro acciaioso pudellato.* — La qualità *molle* del signor Gregorini presenta un allungamento del 4,96 p. $^0/_0$, assai vicina a quella minima dei cerchi Petin-Gaudet, essendo per questi tale allungamento di 5,7 p. $^0/_0$. Le due qualità presentate dal signor Bozza danno un allungamento del 30 p. $^0/_0$ (1ª spedizione) e del 25 p. $^0/_0$ (2ª spedizione), mentre quello massimo dei cerchi Petin-Gaudet ascende solamente al 15 p. $^0/_0$.

Acciaio Bessemer. — Eccettuata la qualità colla marca N° 5, le altre qualità si trovano tutte in condizioni inferiori ai cerchi Petin-Gaudet; poichè il valore massimo per questi è del 15 p. $^0/_0$, mentre che per le qualità colle marche N° 3, 3 $^1/_2$ e 4, i valori sono rispettivamente 19,2 — 22,1 — 18,3 p. $^0/_0$.

4° Riduzione della sezione di rottura. — *Ferro acciaioso pudellato ed acciaio Bessemer.* — Ad eccezione del ferro acciaioso pudellato presentato dal signor Bozza, gli altri saggi mostransi notevolmente più duri del metallo dei cerchi Petin-Gaudet, poichè per questi ultimi, i valori estremi del rapporto della sezione di rottura a quella primitiva erano dal 44,25 p. $^0/_0$ al 70,94 p. $^0/_0$.

§ II.

Cerchi d'acciaio Bessemer del sig. Bozza.

Il signor Bozza avendo tentato di fabbricare alcuni cerchi da bocche da fuoco, sebbene disponesse di mezzi insufficientemente adatti, riuscì a fabbricarne due d'acciaio Bessemer della specie distinta colla marca N° 4. Da ognuno dei cerchi si estrassero N° 3 anelli, che sviluppati vennero esperimentati nel solito modo.

Nel seguente specchio sono riuniti i valori medii finali avutisi dai

due cerchi Bozza, non che quelli minimi dati dai cerchi Petin-Gaudet, per poter paragonare tra loro le qualità di detti cerchi.

DATI DIVERSI	CERCHI BOZZA	CERCHI PETIN-GAUDET
	Valori medii	Valori minimi
Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva chilog.	31,3	38,0
Allungamento corrispondente . . . . . . milles.	64,0	155,0 (massimo)
Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva . . . . p. °/o	68,5	70,94 (»)
Sforzo al limite d'elasticità . . . . chilog.	17,4	20,00
Allungamento » . . . . milles.	0,93	0,97
Coefficiente d'elasticità . . . . —	18710	19200
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura chilog.	45,7	—

L'attento esame delle sezioni di rottura dei saggi dei cerchi stessi dimostrò esistervi gravissimi difetti di saldatura, e porosità provenienti da insufficiente lavorazione del metallo.

Devesi però osservare che questi risultati dati da due cerchi fabbricati con mezzi insufficienti, non possono formare un elemento di definitivo giudizio; e rimane tuttora da verificarsi se, con mezzi più potenti e convenienti, potrà o no il signor Bozza fabbricare cerchi in condizioni analoghe a quelli sinora forniti dalla ditta Petin-Gaudet.

§ III.

Conclusioni.

Dalle esperienze eseguite sul ferro acciaioso pudellato, e sull'acciaio Bessemer di fabbricazione italiana, si può conchiudere:

a) Fra le 4 diverse qualità di ferro acciaioso pudellato esperimentate, la *molle* del signor Gregorini presentasi notevolmente superiore sotto diversi rapporti a quella dei cerchi Petin-Gaudet; sarebbe però desiderabile un raddolcimento nella sua costituzione;

b) Fra le varie qualità d'acciaio Bessemer presentate dal signor Bozza, la qualità marcata col N° 4 potrebbe dare buoni risultati, purchè sia possibile di fabbricarne cerchi senza alterare le condizioni del metallo;

c) Rimanendo totalmente intatta per ora la quistione, se cioè le qualità rinvenute esperimentalmente nelle sbarre di prova presentate verranno conservate nei cerchi, puossi però ritenere che la qualità superiore del ferro acciaioso pudellato *molle* presentata dal sig. Gregorini, è tale da rendere non improbabile la riuscita d'una fabbricazione uguale, se non superiore, a quella dei Petin-Gaudet.

Titolo VI.

ESPERIENZE SU CERCHI DI FERRO PETIN-GAUDET

Alcuni anni addietro era sorto il dubbio in alcuni, che potrebbesi forse sostituire il ferro al metallo col quale erano fabbricati i cerchi Petin-Gaudet, e ciò a causa delle poche proprietà acciaiose che fin'allora eransi su questi potuto constatare; si credette quindi opportuno di eseguire alcune esperienze atte a dilucidare tale quistione, ed a tal uopo vennero commessi ai signori Petin-Gaudet alcuni cerchi di ferro di due qualità diverse, cioè *a nervo* ed *a grana*.

Le esperienze fatte in quell'epoca si limitarono alla cerchiatura di tronchi di ghisa; e si potè constatare allora che, ancorchè applicati i cerchi colla minima tensione, verificavasi in questi, dopo l'estrazione dei tronchi, un allungamento permanente; perciò si conchiuse non essere essi dotati di sufficiente elasticità.

Trovandosi ancora disponibili due dei predetti cerchi, di cui uno per ogni qualità di ferro, si riputò ora interessante di eseguire su di essi esperienze analoghe alle precedenti, potendosi ricavare in siffatto modo dati sicuri per un esatto paragone cogli ordinari cerchi di ferro acciaioso pudellato. Perciò, da ogni cerchio si estrassero due anelli, che sviluppati, vennero nel solito modo esperimentati alla trazione longitudinale.

Le dimensioni dei saggi preparati cogli anelli sviluppati erano:

Lunghezza del saggio . . . . l=1000 millim.
Sezione rettangolare del saggio. . s=30×20=600 mill. quad.

Gli allungamenti furono rilevati da chilogramma in chilogramma col misuratore a stantuffo.

Nel seguente specchio sono riportati i risultati esperimentali per ogni saggio; nelle due ultime colonne a destra si riunirono le medie per ogni cerchio, e con esse si tracciarono le curve degli allungamenti nella Tav. XV^a^.

SPECCHIO PARZIALE RIASSUNTIVO delle esperienze per trazione longitudinale su anelli sviluppati in sbarre ricavati da cerchi di ferro Petin-Gaudet (*a nervo ed a grana*).

(Gli allungamenti sono espressi in millesimi della lunghezza totale)

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIM. QUADRATO DELLA SEZIONE	Saggio N° 1 Ferro a grana		Saggio N° 2 Ferro a grana		Saggio N° 3 C Ferro nervoso		Saggio N° 4 C Ferro nervoso		Media Ferro a grana		Media Ferro nervoso	
	ALLUNGAMENTO											
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
2	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
3	0,02		0,01		0,00		0,00		0,01		0,00	
4	0,08		0,07		0,00		0,00		0,08		0,00	
5	0,12		0,12		0,06		0,06		0,13		0,06	
6	0,10		0,18		0,10		0,04		0,17		0,09	
7	0,23		0,25		0,18		0,15		0,24		0,16	
8	0,29		0,32		0,22		0,18		0,30		0,20	
9	0,33		0,38		0,27		0,24		0,35		0,26	
10	0,39		0,44		0,33		0,30		0,41		0,31	
11	0,45		0,50		0,40		0,35		0,47		0,37	
12	0,51		0,57		0,45		0,40		0,54		0,42	
13	0,57		0,63		0,50		0,45		0,60		0,47	
14	0,63		0,69		0,55		0,50		0,66		0,52	
15	0,69		0,71		0,60		0,55		0,72		0,57	
16	0,75		0,80		0,64		0,60		0,78		0,62	
17	0,81		0,85		0,68		0,65		0,83		0,66	
18	0,88		0,89		0,82	0,12	0,84	0,12	0,88		0,83	0,12
19	0,95		0,94		1,02	0,16	1,24	0,01	0,94		1,13	0,40
20	1,00		1,00		1,40	0,54	2,40	1,22	1,00		1,90	1,14
21	1,15	0,10	1,32	0,70	2,96	1,76	5,14	4,20	1,23	0,20	4,55	2,48
22	1,28	0,26	2,40	1,28	5,45	4,80	7,00	5,90	1,84	0,72	0,15	5,35
23	2,52	1,35	3,00	1,92	10,00	9,40	12,20	11,10	2,80	1,63	11,40	10,25
24	2,58	4,40	5,56	4,38	11,10	10,00	16,10	14,80	5,57	4,39	13,60	12,10
25	9,30	8,10	9,30	9,00	16,70	15,40	19,80	18,40	9,30	9,05	18,25	16,90
26	13,45	12,00	18,10	11,90	20,50	19,00	25,00	23,40	13,42	11,95	22,75	21,20
27	18,00	16,50	16,75	15,20	25,00	24,00	29,80	28,10	17,37	15,85	27,70	26,05
28	25,00	23,25	23,50	21,90	31,10	29,40	36,00	34,20	24,25	22,57	33,55	31,80
29	31,00	29,40	30,15	28,80	36,50	31,80	42,20	41,10	30,82	29,10	39,70	37,90
30	35,20	33,55	37,35	35,45	43,00	41,70	51,30	49,50	36,27	34,50	47,45	45,60
31	42,55	40,70	45,20	43,30	52,50	50,70	61,00	59,00	43,87	42,00	56,75	54,85
32	51,40	49,40	55,75	53,55	64,50	62,40	72,10	70,10	53,57	51,47	68,40	66,25
33			69,70	67,50	79,70	77,60	90,60	88,40			85,15	83,00
34			94,00		96,33	01,00						
—												
VALORI INDIVIDUALI MEDII												
Sforzo alla rottura sulla sezione primitiva chilog.	32,4		36,0		35,0		33,8		34,2		34,4	
Allungamento alla rottura . . . . . . milles.	56,0		94,0		150,0		138,0		75,0		144,0	
Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva . . . . . . p. %	77,0		78,5		65,5		63,0		77,7		64,7	
Sforzo al limite d'elasticità . . . . . chilogr.	20,0		20,0		17,0		17,0		20,0		17,0	
Allungamento id. milles.	1,00		1,00		0,68		0,63		1,000		0,665	
Coefficiente id. »	—		—		—		—		20000		25563	
Sforzo alla rottura sulla sezione di rottura chilog.	42,1		45,8		53,5		53,5		43,0		53,5	

Confrontando i risultati medii dati dai saggi di ferro *a nerro* ed *a grana*, fra loro, e con quelli medii del ferro acciaioso dei cerchi Petin-Gaudet (Specchio a pag. 72) osservasi:

1° In quanto a *resistenza alla rottura*, le due specie di ferro presentano risultati pressochè identici (chil. 34.2 e 34.4), mentrechè relativamente alle proprietà elastiche, la qualità *a grana* è notevolmente superiore a quella *a nerro;* anzi è degno d'osservazione, che essa presenta valori d'elasticità, i quali si approssimano ad uno dei valori massimi ottenuti nelle esperienze sul ferro acciaioso dei cerchi Petin-Gaudet, poichè si ha:

Cerchio di ferro acciaioso pudell. Petin-Gaudet $\frac{B}{I}$ $E=\frac{20.0}{0,00097}=20618$

» *a grana* Petin-Gaudet. . . . $E=\frac{20.0}{0,001}=20000$

2° Paragonando gli *allungamenti momentanei* del ferro *a grana* con quelli del ferro acciaioso pudellato dei cerchi, osservasi che i loro valori assoluti sono pressochè uguali per le 2 specie, sotto gli sforzi da 0 a 21 chilogrammi; oltre questo limite, gli allungamenti vanno rapidamente crescendo, avendosi, sotto lo sforzo di chilogrammi 30, un allungamento di millesimi 36,27 per il ferro a *grana*, mentrechè per il ferro acciaioso pudellato e sotto lo stesso sforzo, questo allungamento è di soli millesimi 10,19.

3° Da queste considerazioni appare esistervi una sensibile analogia fra il ferro *a grana* ed il ferro *acciaioso pudellato*, non rimanendo il primo inferiore al secondo che per minore resistenza (1), mentre in quanto a proprietà elastiche, havvi quasi somiglianza.

Sebbene queste esperienze sieno troppo ristrette per poterne dedurre dati sufficienti, ne emerge però la possibilità di fabbricare cerchi di ferro *a grana* con proprietà elastiche sufficienti, qualora si prenda per tipo il ferro acciaioso pudellato Petin-Gaudet.

(1) È opportuno il ricordare che il valore minimo degli sforzi di rottura dei cerchi di ferro acciaioso Petin-Gaudet nelle esperienze precedenti è di chilogrammi 38,0 (vedi pag. 147); di poco cioè superiore a quello del ferro *a grana*.

Titolo VII.

ESPERIENZE SU CERCHI D'ACCIAIO (*BESSEMER*) DELLA SOCIETÀ COCKERILL DI SERAING

La società COCKERILL di Seraing, avendo fornito all'artiglieria Belga cerchi d'acciaio fabbricati col sistema Bessemer, ne inviava uno della stessa qualità alla Direzione della Fonderia di Torino, onde fosse sottoposto ad esperienze comparative con quelli da noi adottati.

Il cerchio aveva il diametro interno di millim. 850, quello esterno di 972, ed una larghezza di millim. 190.

Per eseguire le esperienze, si tagliarono da questo cerchio quattro anelli, due interni e due esterni, con sezione di 600 millim. quadrati; quindi da ogni anello si ricavò un saggio della lunghezza di 1 metro e della sezione di 600 millimetri quadrati, operando come nelle prove precedenti. Due di questi saggi, l'uno interno e l'altro esterno, vennero riscaldati al colore rosso e temprati nell'acqua, com'erasi operato per la tempra dei saggi dei cerchi Petin-Gaudet.

I quattro saggi vennero quindi sottoposti alle prove di trazione longitudinale, successivamente sino alla rottura, come nelle esperienze precedenti.

Nello specchio riassuntivo seguente, sono indicati i risultati medii per cadun gruppo dei saggi Cockerill non temprati e temprati; e per facilitarne la disamina di confronto, si riportarono nello stesso specchio i risultati medii dei cerchi Petin-Gaudet non temprati o temprati nell'acqua, e quelli Krupp non temprati. Si tracciarono a Tav. XIV^a le relative curve medie.

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei risultati medii ottenuti nelle esperienze per trazione longitudinale con anelli dei cerchi d'acciaio (*Bessemer*) della Società Cockerill, non temprati e temprati nell'acqua, in confronto con quelli *Petin-Gaudet* e *Krupp* non temprati, e *Petin-Gaudet* temprati nell'acqua.

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	Medie dei cerchi allo stato ordinario						Medie dei cerchi temperati nell'acqua			
	Petin-Gaudet 20 sbarre di 10 cerchi		Cockerill 2 sbarre di 1 cerchio		Krupp 4 sbarre di 2 cerchi		Petin-Gaudet 4 sbarre di 2 cerchi		Cockerill 2 sbarre di 1 cerchio	
	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti
1	0,00		0,02		0,00		0,00		0,00	
2	0,03		0,05		0,10		0,00		0,00	
3	0,06		0,10		0,14		0,00		0,00	
4	0,10		0,16		0,19		0,05		0,03	
5	0,14		0,22		0,23		0,11		0,07	
6	0,19		0,28		0,28		0,19		0,10	
7	0,24		0,34		0,33		0,27		0,13	
8	0,30		0,41		0,38		0,31		0,17	
9	0,35		0,47		0,43		0,42		0,20	
10	0,40		0,53		0,48		0,50		0,24	
11	0,46		0,59		0,54		0,58		0,31	
12	0,51		0,64		0,58		0,66	0,03	0,37	
13	0,56		0,70		0,64		0,74	0,06	0,44	
14	0,62		0,76		0,69		0,82	0,09	0,51	
15	0,67		0,82	0,05	0,74		0,89	0,12	0,58	0,03
16	0,72		0,87	0,06	0,79		0,97	0,16	0,65	0,04
17	0,77		0,93	0,06	0,84		1,06	0,21	0,72	0,05
18	0,83		0,99	0,06	0,89		1,15	0,26	0,80	0,10
19	0,89		1,01	0,07	0,91		1,24	0,31	0,88	0,13
20	0,94		1,09	0,07	[illegible]		1,35	0,37	0,97	0,16
21	1,00	0,01	1,14	0,08	1,01		1,45	0,44	1,06	0,20
22	1,12	0,05	1,20	0,08	1,09		1,56	0,53	1,14	0,24
23	1,25	0,10	1,25	0,08	1,15		1,66	0,60	1,24	0,30
24	1,61	0,39	1,31	0,08	1,21		1,77	0,68	1,34	0,35
25	2,00	0,72	1,36	0,09	1,26	0,01	1,89	0,78	1,44	0,40
26	2,72	1,65	1,41	0,10	1,32	0,02	2,03	0,88	1,54	0,45
27	3,84	2,18	1,47	0,11	1,39	0,07	2,19	0,98	1,65	0,50
28	5,20	3,81	1,54	0,13	1,53	0,19	2,45	1,12	1,76	0,56
29	7,49	5,95	1,66	0,21	1,68	0,30	2,61	1,33	1,89	0,64
30	10,19	8,60	1,83	0,28	2,26	0,68	3,00	1,45	2,02	0,70
31	13,02	12,12	2,86	1,33	2,84	1,21	3,74	1,78	2,15	0,78
32	18,94	17,12	3,91	2,28	3,74	2,05	4,53	2,14	2,31	0,86
33	21,61	22,70	4,97	3,40	4,76	2,96	6,33	3,18	2,47	0,96
34	30,02	27,37	6,07	4,25	6,00	4,15	8,70	4,85	2,66	1,08
36	45,29	48,30	9,55	7,65	9,15	7,10	14,46	7,10	3,14	1,48
38			14,60	12,60	12 74	10,44	19,95	12,55	3,78	1,95
40			19,00	17,50	16,89	14,84	25,63	17,81	4,58	2,09
MEDIE DEI RISULTATI INDIVIDUALI										
Sforzo al limite d'elasticità . . chilogr.	24,43		26,0		26,0		11,5		17,0	
Allungamento corrispondente milles.	1,167		1,41		1,32		0,61		0,72	
Coefficiente d'elasticità	20934		18438		19700		18852		23611	
Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva . . . . chilogr.	48,0		51,7		54,2		48,0		49,75	
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura . . . . chilogr.	76,9		73,74		89,7		82,2		71,94	
Allungamento alla rottura . . . milles.	115,0		95,0		74,0		88,0		19,5	
Rapporto fra la sezione di rottura e la primitiva . . . . p. %	54,5		74,0		61,2		58,4		73,3	

Dall'esame dei risultati si rilevano i seguenti punti:

Aspetto dell'acciaio. — L'acciaio Cockerill si lascia facilmente lavorare, ed in ciò non v'ha differenza sensibile fra quello temprato e non temprato; appare di qualità uniforme, tenace e di un colore più chiaro di quello Petin-Gaudet; presenta una grana fina e compatta e senza alcun difetto interno, mentre i cerchi Petin-Gaudet presentano soventi difetti di saldatura longitudinale.

Allungamento. — I saggi Cockerill non temprati si allungano maggiormente di quelli Petin-Gaudet sino allo sforzo di 22 chilogr., e immediatamente per gli sforzi maggiori dimostrano maggior durezza; gli allungamenti sono molto minori e quasi uguali a quelli dell'acciaio Krupp, il quale si dimostra il più duro dei tre.

I saggi Cockerill temprati coll'acqua si dimostrano anche superiori a quelli Petin-Gaudet ugualmente temprati.

Limite d'elasticità. — I saggi Cockerill non temprati hanno il coefficiente di elasticità alquanto inferiore a quello del saggi Petin-Gaudet. Però è da farsi l'essenziale osservazione che l'acciaio Cockerill sarebbe più conveniente per la cerchiatura, poichè ammettendo un piccolo allungamento permanente, potrebbe esercitare utilmente una pressione molto maggiore, applicandolo con una tensione prossima ai 30 chilogrammi; inoltre esso è, per elasticità, molto prossimo a quello Krupp.

Il cerchio Cockerill temprato è assai superiore a quelli Petin-Gaudet.

Sforzo di rottura. — Il cerchio Cockerill dimostra maggior tenacità che quelli di Petin-Gaudet, ed è solo di poco inferiore a quelli Krupp.

Conclusione. — Il cerchio esperimentato della fabbrica Cockerill (fabbricato col procedimento Bessemer) si dimostra atto alla cerchiatura e superiore a quelli Petin-Gaudet di ferro acciaioso, permette una tensione utile molto maggiore, ed è esente da ogni traccia di saldatura.

Si ravvisa però necessario l'eseguire esperienze più complete per verificare l'uniformità di fabbricazione, che per la natura stessa del procedimento Bessemer, è presumibilmente difficile ad ottenersi.

Titolo VIII.

ESPERIENZE SULL'ACCIAIO FUSO DA CANNONI

§ 1.

Esperienze di trazione sull'acciaio d'un cannone Krupp da cent. 22 R.

Un cannone liscio da cent. 22 caricantesi per la bocca, fornito dal sig. Krupp nell'anno 1864, di un sol masso d'acciaio fuso e fucinato, veniva rigato con sistema *a logoramento* (*à usure*), analogo cioè a quello adottato per gli obici da cent. 22. Questo cannone era destinato a sparare palle oblunghe del peso di chilogrammi 120, con carica di chilogrammi 20 di polvere a grossi grani.

All'88° colpo, il cannone scoppiava in culatta.

Dall'esame dei frantumi del cannone e del proietto, rilevaronsi non dubbi segni d'inceppamento del proietto nell'anima, cagionato probabilmente dalla rottura del proietto stesso nel suo movimento iniziale, e dal totale logoramento delle alette di zinco, constatato sui frammenti ritrovati. Comunque, a tale inceppamento dovevasi secondo ogni probabilità attribuire l'avvenuto scoppio della bocca da fuoco; e queste osservazioni venivano a conferma di quelle fatte in Russia, in seguito agli scoppii colà avvenuti in sui primordii dell'impiego dei cannoni d'acciaio, scoppii che motivarono l'adozione del sistema a retrocarica con proietti forzati e rivestiti di piombo.

La rottura, avvenuta principalmente secondo un piano meridiano verso la culatta, è indicata nella Tav. XVI^a, Fig. 3^a.

Dall'esame della frattura, riscontravasi una differenza di aspetto del metallo nelle varie sezioni di rottura. Una di esse presentava una superficie quasi piana e liscia, mentre tutte le altre erano rugose, schiantate e porgevano evidente prova di un metallo fucinato di gran tenacità.

Per istudiare le qualità meccaniche di questo acciaio e gli effetti subiti da esso sotto l'azione della fucinatura, nonchè per ricercare l'uniformità

di resistenza delle varie sue parti, si riputò utile di sottoporne diversi saggi alle prove, e di ricercarne così le leggi elastiche e la resistenza.

Per preparare i saggi da esperimentarsi, si tagliarono con macchine spianatrici tre parallelepipedi nel senso della lunghezza del cannone, di altezza uguale alla grossezza delle pareti di questo, e di una spessezza di 75 millimetri. Uno dei parallelepipedi venne estratto parallelamente alla sezione di rottura d'apparenza liscia; gli altri due in altra parte del cannone, ove la rottura presentava un'apparenza ruvida e schiantata.

Da caduno di questi parallelepipedi si estrassero quattro saggi longitudinali, distinguendoli per posizione relativamente all'asse della bocca da fuoco, cioè:

N° 1 Saggio *interno*, vicino all'anima;
» 1 id. *medio*, verso l'interno } corrispondenti al centro della
» 1 id. *medio*, verso l'esterno } grossezza delle pareti dell'anima.
» 1 id. *esterno*, vicino alla superficie esterna.

I saggi vennero foggiati della forma indicata nella Figura 2ª della Tav. IIª, colle seguenti dimensioni:

Lunghezza della parte cilindrica. . . l=250 *millimetri*
Sezione circolare . . . . s=500 *mill. quad.*

I saggi vennero preparati come segue:

N° 2 serie di 4 saggi (estratti da 2 parallelepipedi) vennero preparate esclusivamente con lavoro di tornio.

N° 1 serie di 5 saggi venne preparata, abbozzando dapprima ogni saggio con lavoro di fucina, ed ultimandolo poscia con lavoro di tornio.

Il modo nel quale era avvenuta la sezione principale di rottura della bocca da fuoco, secondo cioè un piano meridiano, facendo supporre che, in seguito al sistema seguito nella fucinatura, le fibre si fossero formate nel senso longitudinale anzichè in quello trasversale, si estrassero, allo scopo di verificare l'esattezza di tale ipotesi, due serie di 3 saggi nel senso trasversale, di cui una ricavata dalla sezione di rottura *liscia*, e l'altra da quella *ruvida*. I saggi trasversali erano di forma e dimensioni uguali a quelli precedenti, all'infuori della lunghezza della parte cilindrica, che era di 60 millimetri.

Nella Tav. XVI^a, Fig. 2^a, viene indicata la disposizione delle serie di saggi *longitudinali* e di quella di saggi *trasversali*, e la loro posizione relativamente all'anima della bocca da fuoco.

Nello *Specchio esperimentale* N° 9 sono indicati i risultati ottenuti nelle esperienze di trazione, colle 3 serie di 4 saggi *longitudinali* caduna. Nel seguente specchio trovansi riuniti i valori medii dati dai saggi preparati col solo lavoro di tornio, estratti dalla parte *liscia* e da quella *ruvida*, nonchè dai saggi sottoposti alla fucina prima di essere ultimati al tornio; si riunirono finalmente le medie totali per ogni posizione relativa dei saggi, cioè interni, medii ed esterni.

SPECCHIO RIASSUNTIVO delle esperienze di trazione eseguite successivamente sino alla rottura sui saggi *longitudinali* estratti dal cannone d'acciaio fuso Krupp da centimetri 22.

SFORZI IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	VALORI MEDII DEGLI ALLUNGAMENTI								VALORI TOTALI MEDII DEGLI ALLUNGAMENTI PER POSIZIONE					
	Saggi preparati con solo lavoro di tornio						Saggi fucinati e poscia torniti		Saggi interni		Saggi medii		Saggi esterni	
	Estratti dalla parte liscia		Estratti dalla parte ruvida		Cannone									
	Media di 4 saggi		Media di 4 saggi		Media generale della parte liscia e ruvida		Media di 4 saggi		Media di 2 saggi		Media di 4 saggi		Media di 9 saggi	
	Densità = 7,835		Densità = 7,811		Densità = 7,823		Densità = 7,839		Densità = 7,836		Densità = 7,838		Densità = 7,839	
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
10	0,33		0,20		0,26		0,34		0,18		0,23		0,32	
12	0,14		0,32		0,38		0,45		0,34		0,36		0,42	
14	0,57		0,46		0,51		0,61		0,44		0,53		0,56	
16	0,69		0,58		0,63		0,75		0,54		0,61		0,68	
18	0,79		0,69		0,74		0,93		0,58		0,79		0,80	
20	1,01	0,10	0,85	0,10	0,93	0,10	1,07	0,13	0,92	0,20	0,93	0,10	0,94	
22	1,27	0,32	1,09	0,23	1,10	0,27	1,22	0,21	1,38	0,44	1,14	0,32	1,06	0,02
24	2,11	1,00	2,44	1,35	2,27	1,17	1,37	0,25	3,22	2,12	2,34	1,26	1,20	0,06
26	3,23	2,02	4,81	3,08	4,02	2,55	1,52	0,30	5,20	3,94	4,35	3,08	1,38	0,10
28	4,93	3,56	6,28	4,82	6,30	4,29	1,66	0,48	7,24	5,80	6,51	5,08	2,96	1,00
30	8,10	6,31	9,29	7,63	8,70	7,07	3,36	1,92	9,66	8,06	8,60	6,99	7,20	0,94
32	10,09	8,44	11,60	9,70	10,85	9,07	5,68	4,17	12,24	10,26	10,67	8,90	9,80	8,00
34	12,21	10,32	14,00	11,95	13,10	11,13	10,10	8,23	14,76	12,74	12,83	10,90	12,00	10,00
36	14,62	12,56	16,75	14,53	15,08	13,54	15,40	13,29	17,70	15,50	15,30	13,23	14,44	12,22
38	17,40	15,18	19,73	17,21	18,57	16,19	17,95	15,73	20,80	18,52	18,10	15,92	17,20	14,42
40	20,25	17,87	22,80	20,22	21,52	19,01	21,75	19,24	23,90	21,24	21,05	18,71	20,10	17,52
45	29,02		32,30		30,60		31,52		33,70		30,12		28,50	
50	40,78		44,10		42,44		45,02		47,46		41,50		39,30	
55	57,08		65,05		61,06		77,07		69,16		60,55		54,00	
60	75,40		81,70		78,55		93,30				73,30		83,80	
65														
Sforzo di rottura sulla sezione primitiva . . . chilogr.	62,3		60,9		61,8		59,0		50,4		62,1		62,8	
Allungamento alla rottura . . . millesi.	169,10		165,85		167,47		190,5		171,10		170,00		158,80	
Sezione di rottura . . . mill. q.	381,5		365,5		371,5		333,7		36,75		382,00		362,5	
Coefficiente d'elasticità . . . »	—		—		20950		18604		—		—		—	
Rapporto fra la sezione di rottura e la primitiva . . . p. %	76,3		73,1		74,7		66,7		73,5		76,4		72,5	
Sforzo al limite d'elasticità . . chilogr.	21		20,5		20,75		20		21		20		22	
Allungamento id. . . millesi.	1,07		0,91		0,99		1,07		1,04		0,93		1,06	

I risultati individuali delle esperienze sono indicati nello *Specchio sperimentale di dettaglio* N° 9.

Le due serie, caduna di 3 saggi estratti in senso *trasversale*, cioè nel senso della sezione normale all'asse della bocca da fuoco, non furono esperimentate che *direttamente alla rottura*, e ciò a causa della loro lunghezza (millim. 60) troppo limitata.

Nel seguente specchio sono indicati i risultati esperimentali d'ogni saggio, non che le relative medie.

SPECCHIO PARZIALE RIASSUNTIVO

delle esperienze di trazione eseguite *direttamente alla rottura* sui saggi *trasversali* estratti dal cannone d'acciaio fuso Krupp de cent. 22.

Lunghezza dei *saggi* (parte cilindrica) *millim.* 60. — Sezione dei saggi *millim. quad.* 500.

SPECIE DEI RISULTATI	Saggi estratti della sezione di rottura *liscia*				Saggi estratti della sezione di rottura *ruvida*				Media generale dei saggi estratti dalle parti ruvida e liscia
	N° 38	N° 39	N° 40	Media	N° 44	N° 45	N° 46	Media	
Densità	7,842	7,839	7,840	7,840	7,838	7,839	7,833	7,837	7,838
Sforzo di rottura chil.	59,5	54,8	52,8	55,7	59,6	57,0	51,6	56,1	55,9
Sezione di rott. mill. q.	440	437	343	406,7	448	412	394	418	412,3
Rapporto fra la sez. di rottura e quella primitiva . . . . . p. °/o	88,0	87,4	68,6	81,34	89,6	82,4	78,8	83,6	82,5
Allungamento alla rottura . . . . . milles.	152	184	278	204,7	132	176	278	195,3	200,00

Dall'esame dei precedenti risultati esperimentali emergono le seguenti considerazioni:

1° Aspetto delle sezioni di rottura. — Paragonando tra loro i risultati medii dei saggi estratti dalla sezione di rottura *liscia* e di quelli estratti dalla *ruvida*, osservasi che essi sono pressochè uguali; perciò l'aspetto *liscio* della frattura non può attribuirsi a difetto di tenacità del metallo in quel punto, e si può asserire che il diverso aspetto delle sezioni di rottura sia prodotto dal diverso modo con cui la separazione delle fibre si effettuò nell'atto della rottura (1).

(1) Nelle conclusioni delle esperienze dell'ingegnere Kirckaldy sul ferro e sull'acciaio è precisamente accennato alla notevole differenza d'aspetto che presenta la sezione di rottura.

2° Resistenza del metallo, decrescente dall'interno dell'anima verso l'esterno. — Dal paragone dei *valori totali medii* degli allungamenti *per posizione*, rilevasi che la qualità dell'acciaio è sensibilmente migliore all'esterno che all'interno, ossia che essa va migliorandosi dall'interno dell'anima verso l'esterno della bocca da fuoco; e difatti il valore dello sforzo di rottura va crescendo dall'interno all'esterno, mentre quello dell'allungamento corrispondente va decrescendo nello stesso senso. Questo fatto è una prova evidente che il miglioramento delle qualità dell'acciaio è in ragione dell'energia del martellamento, il quale appunto è massimo alla superficie esterna e minimo al centro della massa, a cagione, sia della diversa distanza della penna del martello, che della minor temperatura a cui possono elevarsi le parti centrali in paragone di quelle esterne, quando il masso è riscaldato nel forno.

3° Disposizione difettosa delle fibre. — Paragonando i risultati medii ottenuti coi saggi *longitudinali* e con quelli *trasversali*, rilevasi indubbiamente una notevole superiorità di quelli su questi, ed è ciò una prova che, per effetto della fucinatura del masso cilindrico tirato sotto il maglio, le fibre dell'acciaio dispongonsi longitudinalmente.

4° Influenza della fucinatura sui saggi. — Dall'esame dei risultati medii dei saggi abbozzati di fucina, osservasi che mentre la fucinatura non ha modificata apparentemente la resistenza alla rottura (qualora si riferisca alla sezione primitiva), essa ha, d'altra parte, raddolcito l'acciaio; poichè pei saggi fucinati, l'allungamento alla rottura appare maggiore, e minore la sezione di rottura. In altri termini, lo sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura essendo maggiore per questi saggi, è fuori dubbio che la fucinatura ebbe per effetto di raddolcire sensibilmente il metallo (1).

(1) Questo fatto prova quanta cautela debba essere osservata, qualora si ricorra al fuoco per la preparazione dei saggi d'acciaio; e quindi volendo ricercare le proprietà meccaniche dell'acciaio d'un cannone, sarà preferibile di evitarne l'impiego, adottando invece il sistema di prelevamento dei saggi come fu eseguito in questo caso.

§ II.

Esperienze di compressione sull'acciaio del cannone Krupp precedente.

Dallo stesso cannone d'acciaio fuso Krupp da cent. 22 si estrassero N° 4 cilindri che si cimentarono a sforzi di compressione. Nel seguente specchio sono riportati i risultati esperimentali ottenuti.

SPECCHIO RIASSUNTIVO

delle esperienze di compressione su cilindri estratti dal cannone d'acciaio fuso Krupp da cent. 22.

Dimensioni dei cilindri di prova { Lunghezza . . . . . *millim.* 45
Sezione . . . . *millim. quadr.* 400

(Gli accorciamenti sono espressi in millesimi della lunghezza totale dei cilindri).

Densità media		Sforzi in chilogrammi per millimetri quadr. della sezione	5	10	15	20	25	30	35	40
7,862	Accorciamenti	momentanei *millim.*	0,61	3,05	4,27	5,44	7,49	12,88	17,86	23,05
		permanenti *milles.*	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	5,72	10,38	15,77

Densità media		Sforzi in chilogrammi per millimetro quadrato della sezione	45	50	55	60	65	70	75
7,862	Accorciamenti	momentanei . . . *millim.*	31,05	39,84	50,66	61,83	76,61	92,97	112,48
		permanenti . . . *milles.*	21,94	30,44	39,44	50,64	64,94	80,74	98,69

Dall'esame dei risultati contenuti in questo specchio, emerge:

1° Limite d'elasticità. — Lo sforzo corrispondente al limite d'elasticità è compreso fra chil. 20 e 25, con schiacciamento corrispondente dal 0,55 per °|₀ al 0,75 per °|₀ della lunghezza totale.

2° Sforzo di rottura. — Non si potè raggiungere lo sforzo di rottura alla compressione, perchè la malleabilità dell'acciaio è causa di una deformazione e di uno schiacciamento, che man mano vanno crescendo, senza che si possa giungere ad una vera disaggregazione delle molecole.

Perciò lo sforzo massimo fu limitato a chilogr. 75 per millim. quad. della sezione, corrispondente ad uno schiacciamento dell'11,3 per °|₀.

§ III.

Esperienze di trazione su saggi di acciaio del cannone Krupp precedente temprati nell'acqua.

Influenza della tempra sulla tenacità'. — Per ricercare quale fosse l'influenza della tempra sull'acciaio fuso di Krupp, dallo stesso cannone si prelevarono altre 3 sbarre longitudinali, collo stesso metodo descritto al § 1°, e queste fucinate e quindi tornite, fornirono ognuna tre saggi corti della forma indicata alla Tav. IIª, Fig. 5ª, in cui la lunghezza della parte cilindrica era di 30 millim. con sezione di 250 millim. quadrati.

N° 3 saggi vennero lasciati nel loro stato normale;

N° 3 saggi vennero riscaldati al rosso-chiaro e temprati nell'acqua;

N° 3 saggi vennero riscaldati quasi al bianco e temprati nell'olio.

Vennero quindi esperimentati per trazione longitudinale, direttamente alla rottura. I risultati medii di cadun gruppo sono riportati nel seguente specchio.

SPECCHIO PARZIALE E RIASSUNTIVO

delle esperienze di trazione longitudinale direttamente alla rottura con saggi d'acciaio fuso di un cannone Krupp, non temprati, temprati nell'acqua o nell'olio.

SPECIE DEI RISULTATI	Non temprati	Temprati	
		nell'acqua	nell'olio
	N° 3 saggi	N° 3 saggi	N° 3 saggi
Sforzo di rottura alla sezione primitiva . . chilogr.	65	76,5	97,4
» » » di rottura . . »	94,9	85	(1) 97,4
Allungamento alla rottura . . . . . . milles.	210	45	10
Rapporto della sezione di rottura alla primitiva p. °/₀	68,8	90	(1) 100
Densità	7,814	7,817	7,822

(1) La sezione di rottura non variò in modo da poter essere misurata.

Dall'esame dei risultati sovra citati, emergono le seguenti considerazioni:

La *tenacità* aumenta colla tempra, e quella nell'olio è più efficace di quella nell'acqua, l'aumento in queste condizioni essendo rispettivamente di circa il 12 ed il 50 per 100.

La *durezza* cresce eziandio colla energia della tempra, giacchè l'allungamento alla rottura dell'acciaio temprato nell'acqua e nell'olio, si riduce circa del 21 e del 5 per 100.

La densità aumenta eziandio colla energia della tempra, ma in modo quasi insensibile.

Influenza della tempra sull'elasticità'. — I risultati delle esperienze per trazione longitudinale direttamente alla rottura, avendo provato l'efficacia della tempra, importava il ricercare eziandio quale influenza la tempra stessa esercitasse sull'elasticità. Si estrassero perciò dallo stesso cannone altre tre sbarre prese nel senso longitudinale, si fucinarono, e quindi si ultimarono i saggi sul tornio, colle stesse forme e dimensioni di quelli di cui è caso nello specchio a pagina 104; quindi questi saggi furono temprati nell'acqua dopo essere stati portati al color bianco.

Devesi avvertire che, nelle esperienze precedenti, i saggi erano stati temprati solamente al color rosso-chiaro, epperciò la tempra era meno energica (1).

I saggi stessi vennero poscia esperimentati per trazione longitudinale, successivamente sino alla rottura, con sforzi crescenti da 2 in 2 chilogrammi per millimetro quadrato della sezione.

Nello specchio parziale e riassuntivo seguente, si troveranno i risultati parziali avutisi da questi tre saggi, e la loro media, in confronto colla media delle esperienze eseguite sui saggi fucinati e non temprati, citati a pag. 104.

I saggi essendo di uguali dimensioni e sottoposti a prove identiche, possono fornire un paragone preciso per valutare l'influenza della tempra nell'acqua, ottenuta al color bianco.

(1) Osserverò che a complemento di queste ricerche dovrebbe ancora esperimentarsi la tempra nell'olio; quest'esperienza non venne fatta.

SPECCHIO PARZIALE E RIASSUNTIVO

Esperimenti di trazione longitudinale successivamente sino alla rottura

Con saggi estratti da un cannone d'acciaio fuso Krupp da cent. 22, e stati fucinati e temprati nell'acqua.

(Gli allungamenti sono in millesimi della lunghezza primitiva, i saggi avevano la lunghezza di 200 millim. colla sezione di 500 millim. quadr.).

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO ALLA SEZIONE	Saggi stati fucinati, torniti e temprati nell'acqua								Saggi fucinati e torniti e non temprati	
	N° 70		N° 71		N° 72		Media di 3 saggi		Media di 5 saggi	
	Densità 7,822		Densità 7,823		Densità 7,821		Densità 7,823		Densità 7,839	
	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente
0	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
4	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
6	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
8	0,15		0,15		0,00		0,10		0,00	
10	0,25		0,25		0,00		0,17		0,31	
12	0,40		0,40		0,10		0,30		0,45	
14	0,55		0,55		0,20		0,43		0,61	
16	0,70		0,65		0,35		0,57		0,75	
18	0,85		0,75		0,45		0,68		0,93	
20	0,95		0,85		0,55		0,78		1,07	0,13
22	1,05		0,95		0,65		0,88		1,22	0,21
24	1,15		1,05		0,80		1,00		1,37	0,25
26	1,30		1,15		0,90		1,10		1,52	0,30
28	1,40		1,25		1,00		1,22		1,66	0,48
30	1,50		1,35		1,10		1,32		3,30	1,92
32	1,65		1,45		1,20		1,43		5,68	4,17
34	1,80		1,60		1,35		1,58		10,10	6,93
36	1,95		1,75		1,50		1,73		15,40	13,29
38	2,10		1,90		1,65		1,88		17,95	15,73
40	2,25		2,00		1,80		2,02		21,75	19,54
45	2,60		2,35		2,15		2,37		31,52	
50	3,05	0,10	2,80		2,35	0,10	2,80	0,10	45,02	
55	4,45	0,25	3,10	0,10	3,00	0,25	0,18	0,20	77,07	
60	3,90	0,50	3,50	0,20	3,45	0,45	3,62	0,38	93,30	
65	4,25	0,75	4,00	0,40	4,00	0,70	4,02	0,62		
Sforzo alla rottura sulla sezione primitiva . . . . chilogr.	80,00		80,00		80,00		80,00		60,90	
Allungamento alla rottura . . millес.	0,75		6,75		7,50		7,00		190,50	
Sezione di rottura . . . . . . »	(1)		(1)		(1)		(1)		333,70	
Coefficiente d'elasticità. . . . »	»		»		»		19030		18691	
Rapporto fra la sezione di rottura e la primitiva . . . . . p. %	(1)		(1)		(1)		(1)		66,70	
Sforzo al limite d'elasticità. . chilogr.	50,00		50,00		50,00		45,00		20,00	
Allungamento corrispondente millеs.	3,05		2,80		2,35		2,37		1,07	

(1) Stante il piccolissimo allungamento, la sezione di rottura rimase sensibilmente eguale alla primitiva.

Dall'esame dei risultati emergono le seguenti deduzioni:

1° Elasticità. — La tempra ha avuto per effetto di accrescere notevolmente il valore dello sforzo corrispondente al limite di elasticità, che è di chilogr. 45, mentre per l'acciaio non temprato, questo sforzo era solo di chilogr. 20.

2° Durezza. — La durezza venne notevolmente accresciuta dalla tempra, giacchè sia l'allungamento che la sezione di rottura rimasero insensibilmente alterati.

3° Tenacità. — La resistenza alla rottura dell'acciaio temprato è di 80 chilogr., cioè maggiore di circa un terzo di quella presentata dall'acciaio non temprato.

4° Aspetto delle sezioni di rottura. — La tempra avendo aumentato la durezza, si notò eziandio un cambiamento sensibile nella grana, la quale fu trovata più fina ed alquanto più scura; particolarmente negli orli, la sezione era liscia senza alcuna parte fibrosa.

5° Densità. — A pag. 109, nei saggi esperimentati direttamente alla trazione, abbiamo rilevato essere la densità dei saggi temprati di pochissimo superiore a quello dei saggi non temprati: nei saggi lunghi ora considerati, avviene invece il contrario: cioè la densità è superiore nei saggi non temprati, di quantità pure assai piccola; ove si consideri però, che i saggi temprati e quelli non temprati non furono ricavati dallo stesso pezzo, che possono trovarsi in condizione diversa di fucinazione, e che infine nei due casi considerati di saggi corti e lunghi, le differenze di densità sono minime, non crediamo poter trarre, a tal riguardo, una precisa deduzione.

Conclusioni sulla tempra dell'acciaio Krupp da cannoni. — Dalle esperienze eseguite, considerate complessivamente, si conchiude:

a) Che l'acciaio Krupp da cannoni è suscettibile di prendere la tempra, e questa diventa più o meno energica secondo la temperatura ed il sistema di raffreddamento.

b) Che la tempra aumenta notevolmente la tenacità: quella nell'acqua l'accresce di almeno $^1|_6$, e quella nell'olio di circa $^1|_3$.

c) Che la tempra nell'acqua aumenta notevolmente l'elasticità, e probabilmente quella nell'olio sarebbe ancora più energica.

d) Che la durezza cresce coll'energia della tempra.

§ IV.

Esperienze per trazione sull'acciaio d'un cannone Petin-Gaudet da cent. 22 R.

Un cannone di cent. 22 d'acciaio fuso, simile a quello Krupp di cui è cenno nei paragrafi precedenti, ma cerchiato in culatta, fornito alcuni anni or sono dai sig. Petin-Gaudet, veniva rigato come quello Krupp e sottoposto allo sparo di proietti identici ai precedenti, e con uguale carica.

Il cannone scoppiava all'8° colpo.

Lo scoppio avvenuto in volata, come scorgesi dalla Tav. XVI^a^, Fig. 4^a^, lasciava la culatta intatta, e veniva attribuito allo stesso motivo indicato pel cannone Krupp, cioè al logoramento totale od al distacco delle alette del proietto, e conseguentemente all'inceppamento di questo nell'anima.

Le sezioni di rottura erano di aspetto granuloso, e di colore alquanto cenerino; il metallo era sensibilmente duro.

Analogamente a quanto era stato praticato pel cannone Krupp (§ 1°), si estrassero dalla volata, in vicinanza della rottura, alcuni saggi longitudinali ed altri trasversali. I saggi, di dimensioni uguali ai precedenti, furono ugualmente preparati cioè: parte con solo lavoro di tornio, parte abbozzati di fucina ed ultimati poscia al tornio.

Nel seguente specchio vengon descritti i risultati medii sperimentali, riportando, per facilitare il confronto, i risultati avutisi dai saggi estratti dal cannone Krupp, quali sono indicati nello specchio a pag. 104.

SPECCHIO RIASSUNTIVO delle esperienze di trazione su saggi *longitudinali e trasversali* estratti da un cannone d'acciaio fuso Petin-Gaudet da centim. 22.

Valori degli allungamenti medii.

SFORZO DI ROTTURA IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	CANNONE KRUPP					CANNONE PETIN-GAUDET				
	Saggi longitudinali				Saggi trasversali	Saggi longitudinali				Saggi trasversali
	Preparati con solo lavoro di tornio		Abbozzati alla fucina ed ultimati con lavoro di tornio		Preparati con solo lavoro di tornio	Preparati con solo lavoro di tornio		Abbozzati alla fucina ed ultimati con lavoro di tornio		Preparati con solo lavoro di tornio
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.		Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	
10	0,26		0,34			0,13		0,23		
12	0,38		0,45			0,20		0,33		
14	0,51		0,61			0,30		0,46		
10	0,63		0,75			0,52		0,56		
18	0,74		0,90			0,66		0,69		
20	0,24		1,07	0,13		0,87		0,82		
22	1,18	0,27	1,22	0,21		1,10	0,15	0,89		
24	2,27	1,17	1,37	0,25		1,56	0,50	0,99	0,01	
26	4,02	2,55	1,52	0,30		2,56	1,30	1,12	0,05	
28	6,40	4,99	1,66	0,48		4,89	3,00	1,25	0,10	
30	8,70	7,07	3,36	1,09		0 93	5,15	1,42	0,16	
32	10,85	9,07	5,68	4,17		9,11	7,26	1,58	0,20	
34	13,10	11,12	10,10	8.23		11,48	9,37	1,72	0,22	
36	15,68	13,54	15,40	13,29		14,26	12,01	1,85	0,26	
38	18,57	16,19	17,95	15,73		17,36	14,85	9,34	7,19	
40	21,59	19,04	21,75	19,24		20,33	17,62	16,00	14,09	
45	30,60		31,52			31,02	27,58	24,42	21,48	
50	42,44		45,02			44,55	43,18	34,71	31,95	
55	61,06		77,07			67,58	63,62	49,07	41,91	
60	78,55		93,20			148,42	134,12			
RISULTATI FINALI MEDII										
Sforzo di rottura sulla sezione primitiva . . . . chilogr.	61,60		59,90		55,20	65,00		63,00		67,80
Allungamento alla rottura . . milles.	167,47				200,00	199,32		101,21		—
Sezione di rottura . . . . . . mill. q.	373,5		333,7		412,3	343,07		304,81		469,52
Rapporto fra la sezione di rottura e quella primitiva . . p. %	74,7		66,7		82,5	68,6		60,20		93,9
Sforzo al limite d'elasticità . chilogr.	20,73		20,00		—	20,00		24,00		—
Allungamento » » milles.	0,90		1,07		—	0,87		0,99		—
Coefficiente » »	20959		18691		—	23000		24242		—
Sforzo di rottura sulla sezione di rottura. . . . . chilogr.	82,40		89,80		67,70	94,80		103,0		72,0

Questi risultati dimostrano:

1° Disposizione delle fibre. — Lo sforzo medio di rottura dei saggi trasversali d'acciaio Petin-Gaudet è leggermente superiore a quello dei saggi longitudinali, indizio d'una buona disposizione delle fibre nel senso trasversale, ottenuta nella fucinatura del masso del cannone.

2° Influenza della fucinatura dei saggi. — Quanto osservossi in proposito pei saggi estratti dal cannone Krupp, verificasi egualmente per questo.

Titolo IX.

ESPERIENZE DI CONFRONTO CON SAGGI DIVERSAMENTE RICAVATI DALLO STESSO CERCHIO

Dopo l'eseguimento delle esperienze sin qui riferite, nacquero dubbi intorno ad alcune questioni. Non era infatti ben dimostrato sino a qual punto potessero influire: 1° Sui risultati ottenuti, il modo seguito nell'estrarre i saggi dai cerchi, sviluppando in sbarre gli anelli tolti col tornio; 2° Sulla misura degli allungamenti, la maggiore o minor lunghezza delle sbarre esperimentate; 3° Sulle qualità effettive della cerchiatura, il riscaldamento cui si debbono sottoporre i cerchi nel collocarli a sito. — Inoltre, richiedevasi dai sigg. Petin-Gaudet che si esperimentassero saggi estratti direttamente dai cerchi, senza procedere al raddrizzamento delle sbarre.

Allo scopo di dilucidare tali questioni, si eseguirono alcune esperienze che qui sotto riportiamo.

Da uno stesso cerchio di ferro acciaioso dei sig. Petin-Gaudet da cannone da cent. 24 GRC, provvisto nel 1871 colla marca $\frac{B}{4}$ N° 10, vennero estratti quattro gruppi di 3 saggi caduno, ricavandoli e preparandoli in vario modo.

Dal cerchio vennero tagliati sul tornio anelli delle solite dimensioni, cioè con sezione rettangolare di millim. 20 × 25; questi anelli furono quindi raddrizzati, riscaldandoli e distendendoli col metodo ordinario. Dagli anelli stessi trasformati in sbarre si estrassero e si prepararono i due primi gruppi di saggi, i quali differivano tra loro soltanto nella lunghezza.

Il 1° gruppo di 3 saggi coi N[i] 1, 2, 3, della lunghezza di metri 1;

Il 2° gruppo di 3 saggi coi N[i] 4, 5, 6, colla lunghezza di millim. 200.

Dallo stesso cerchio trasversalmente alla sua grossezza, come puossi rilevare dalla Fig. 5ª, Tav. XVIª, si ricavarono direttamente 6 saggi coi N[i] 7, 8, 9, 10, 11, 12; i quali, torniti con una sezione circolare di 500 millim. quad., avevano la lunghezza di millim. 200 oltre le teste avvitate

destinate a ricevere i dadi; erano perciò uguali per sezione trasversale a quelli dei due primi gruppi succitati, ed uguali per lunghezza a quelli del 2°.

Il 3° gruppo, composto dei 3 saggi coi N[i] 7, 8, 9, venne esperimentato senz'altra preparazione.

Questi ultimi saggi, ricavati trasversalmente e direttamente esperimentati senz'altra preparazione, si potevano considerare di qualità intrinseche corrispondenti esattamente a quelle del cerchio temprato, ad eccezione però della disposizione delle fibre, le quali non riuscivano più longitudinali; se però la bollitura era perfetta, si poteva senza inconvenienti trasandare questa circostanza.

Il 4° gruppo era formato dei saggi coi N[i] 10, 11, 12.

Questi saggi furono, a differenza di quelli del 3° gruppo, riscaldati ad una temperatura identica a quella adoperata per applicare i cerchi alle bocche da fuoco, e quindi esperimentati dopo completo raffreddamento; gli esperimenti alla trazione dovevano far risultare gli effetti prodotti dall'averli fatti rinvenire di tempra.

I 12 saggi dei quattro gruppi furono sottoposti ad identici esperimenti di trazione longitudinale, sotto sforzi successivi crescenti da chilogramma in chilogr. per millim. quad. della sezione sino allo sforzo di 40 chilog., quindi di 5 in 5 chilogr. sino alla rottura.

Nello specchio riassuntivo dei risultati parziali (N° 10), sono riportati tutti i risultati.

Nello specchio riassuntivo seguente, sono indicate le medie dei risultati per ogni gruppo.

MEDIE DEGLI ESPERIMENTI PER TRAZIONE LONGITUDINALE SUCCESSIVAMENTE ALLA ROTTURA

Saggi estratti dal cerchio di ferro acciaioso Petin-Gaudet $\frac{B}{4}$ N° 10 da cannone da centim. 24

(Gli allungamenti sono in millesimi della lunghezza primitiva).

SFORZI IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	Saggi raddrizzati L=1000 S=20×25=500 Allungamenti		Saggi raddrizzati L=200 S=20×25=500 Allungamenti		Saggi ricavati direttamente L=200 D=25,2 S=500 Allungamenti		Saggi ricavati direttamente e rinvenuti di tempra come per cerchiatura L=200 D=25,2 S=500 Allungamenti	
	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente	Momentaneo	Permanente
1	0,00		0,00		0,00		0,00	
2	0,02		0,03		0,00		0,00	
3	0,05		0,08		0,00		0,05	
4	0,10		0,13		0,05		0,10	
5	0,14		0,18		0,10		0,15	
6	0,18		0,23		0,15		0,20	
7	0,23		0,28		0,20		0,25	
8	0,27		0,33		0,25		0,30	
9	0,32		0,38		0,30		0,35	
10	0,37		0,43		0,35		0,40	
11	0,41		0,48		0,40		0,45	
12	0,46		0,53		0,45		0,50	
13	0,51		0,58		0,50		0,55	
14	0,56		0,63		0,55		0,60	
15	0,61		0,68		0,60		0,65	
16	0,66		0,73		0,65		0,70	
17	0,72		0,78		0,70		9,75	
18	0,77		0,83		0,78		0,80	
19	0,82		0,88		0,87		0,85	
20	0,88		0,93		0,95		0,90	
21	1,00	0,08	0,98		1,03	0,03	0,95	
22	1,17	0,18	1,07	0,03	1,12	0,05	1,00	
23	1,47	0,41	1,15	0,05	1,22	0,07	1,08	
24	1,99	0,88	1,25	0,08	1,38	0,18	1,17	
25	3,43	2,24	1,38	0,18	1,67	0,40	1,25	
26	5,02	3,77	1,58	0,33	2,10	0,77	1,33	
27	7,06	5,73	1,83	0,60	2,70	1,28	1,48	0,08
28	9,78	7,95	2,32	0,86	3,60	2,12	1,85	0,35
29	11,98	10,45	2,77	1,45	4,70	3,17	2,23	0,63
30	15,00	13,77	3,38	1,77	6,08	4,48	2,77	1,08
31	18,78	16,65	4,32	2,69	7,50	5,85	3,43	1,68
32	22,20	20,37	6,00	4,22	9,33	7,63	4,47	2,65
33	26,58	24,63	9,72	7,85	11,42	9,67	5,67	3,80
34	31,45	29,40	14,00	13,07	13,75	12,95	7,18	5,25
35	36,73	34,57	18,83	16,82	16,98	14,43	9,02	7,00
36	42,73	40,47	24,25	22,15	19,03	17,10	11,03	8,93
37	48,95	46,57	29,02	27,68	22,08	20,05	13,12	10,23
38	56,10	53,58	37,42	35,03	25,78	23,40	15,25	12,98
39			45,38	43,07	29,50	27,15	17,50	15,15
40			54,58	51,83	34,17	31,58	20,00	17,50
45							36,50	33,49
Sforzo al limite d'elasticità chilogr.	21		23		22		27	
Allungamento . . . . millim	0,95		1,13		1,12		1,43	
Coefficiente d'elasticità	22105		20354		19643		18881	
Sforzo di rottura sulla sezione primitiva . . . . chilogr.	39,40		44,00		46,70		52,33	
Sforzo di rottura sulla sezione di rottura . . . . . »	46,41		70,14		55,18		65,64	
Allungamento alla rottura	72		145		88,3		131,7	
Rapporto fra la sezione di rottura e la primitiva . . . . p. %	85.4		63,3		84,8		79,7	

L'esame di questo specchio conduce alle seguenti considerazioni:

a) Sino allo sforzo di chilogrammi 21, non vi è differenza sensibile fra gli allungamenti momentanei ottenuti, epperciò si può conchiudere che sino al limite d'elasticità ordinaria dei cerchi non vi ha differenza nelle proprietà dei vari gruppi. Debbonsi quindi, nel limite oradetto, ritenere senza influenza alcuna le seguenti circostanze: 1° Il riscaldamento dei saggi nella loro preparazione; 2° Il riscaldamento necessario per la cerchiatura; 3° Le differenti lunghezze delle sbarre; 4° I metodi diversi con cui queste furono estratte, cioè sviluppando gli anelli, ovvero tagliandole trasversalmente nella grossezza del cerchio. Si ha così una luminosa conferma di questo fatto, che gli esperimenti eseguiti, e che servirono di base per stabilire le condizioni della collaudazione, possono considerarsi come concludenti.

b) Oltre il limite d'elasticità, si osservano fra i quattro gruppi differenze assai sensibili negli allungamenti; e siccome dall'esame dei risultati parziali di cadun saggio, risulta che gli scarti fra quelli di uno stesso gruppo sono relativamente piccoli, si deve conchiudere che effettivamente, oltre questo limite, la lunghezza ed il metodo di preparare e ricavare i saggi hanno una certa importanza.

c) Gli allungamenti relativi a cadun gruppo vanno diminuendo nell'ordine in cui furono indicati nello specchio, ed invece vanno crescendo le resistenze alla rottura riferite alla sezione primitiva.

Riesce difficile interpretare questi risultati, dai quali non pare possano emergere conclusioni positive, atteso il loro numero troppo ristretto; non insisterò quindi sulla quistione.

Rimane però incontrastabile che i limiti di tenacità stabiliti per la collaudazione, comprendono largamente le variazioni osservate.

Da questi esperimenti risultando eziandio che, praticamente, anche coi saggi più corti si possono rilevare esattamente le leggi degli allungamenti, sarei indotto a diminuire la lunghezza dei saggi riducendola a 200 millim., sia per facilitare le misure degli allungamenti, adoperando piccole aste pel misuratore a stantuffo, sia per economia nella preparazione dei saggi stessi.

Titolo X.

RIEPILOGO GENERALE DEI RISULTATI DELLE ESPERIENZE RIFERITE NEL CAPITOLO

Credo interessante riunire in un solo specchio riassuntivo finale (pag. 120) i risultati delle esperienze sin qui eseguite sui cerchi di ferro, di ferro acciaioso, e di acciaio, nonchè sull'acciaio fuso da cannone, sul ferro acciaioso e sull'acciaio nazionale.

Alla Tav. XV^a^ si troveranno tracciate le curve medie degli allungamenti momentanei sino alla rottura, per i soli cerchi esperimentati.

Dall'esame dei dati contenuti nello specchio finale (pag. 120) e delle curve medie (Tav. XV^a^), si ricava che i cerchi esperimentati possono classificarsi nel modo seguente:

IN ORDINE ALLA TENACITÀ

			Chil.
1°	Cerchi d'acciaio Krupp temprati nell'olio . . .	Tenacità	76,5
2°	id. id. allo stato naturale . .	»	55,0
3°	id. d'acciaio Bessemer (Seraing) allo stato naturale	»	51,7
4°	id. id. id. temprati nell'acqua	»	50,0
5°	Cerchi di ferro acciaioso Petin-Gaudet, temprati nell'olio	»	48,0
6°	id. id. id. temprati nell'acqua	»	48,0
7°	id. id. id. allo stato naturale	»	42,0
8° e 9°	id. di ferro a grana ed a nervo	»	34,0

Riguardo all'elasticità, se si volessero classificare i cerchi prendendo per punto di partenza il coefficiente di elasticità, non si avrebbe alcuna indicazione utile; poichè, come fu detto in principio (pag. 7), non basta aver quel solo valore, ma deve tenersi conto altresì dello sforzo e dell'allungamento al limite d'elasticità. Infatti, il cerchio di ferro acciaioso Petin-Gaudet temprato nell'olio ha il coefficiente di elasticità più elevato (28948), mentre vi corrisponde un valor *minimo* per lo sforzo al limite d'elasticità (11 chilog.); d'altra parte, si osserva che il cerchio Krupp temprato nell'olio ha per coefficiente di elasticità solamente 20714,

con un valor *massimo* per lo sforzo al limite d'elasticità, cioè 29 chilogrammi.

Credo che trattandosi della cerchiatura delle bocche da fuoco, in cui è d'uopo tener conto essenziale dello sforzo al limite di elasticità e dell'allungamento corrispondente, sia più utile ordinare i cerchi a seconda dei risultati forniti dalle esperienze sugli sforzi e sugli allungamenti al limite di elasticità.

Seguendo questa norma si ha:

IN ORDINE ALLO SFORZO CORRISPONDENTE AL LIMITE DI ELASTICITÀ:

			Chil.
1°	Cerchi d'acciaio Krupp temprati nell'olio . . .	Tenacità	29
2°	id. id. id. allo stato naturale . .	»	26
3°	id. id. Bessemer (Cockerill) » . .	»	26
4°	id. di ferro acciaioso Petin-Gaudet » . .	»	24
5°	id. di ferro a grana	»	20
6°	id. id. a nervo allo stato naturale . . .	»	17
7°	id. d'acciaio Bessemer (Cockerill) temprati .	»	17
8°	id. di ferro acciaioso Petin-Gaudet temprati nell'acqua	»	11,5
9°	id. id. id. id. nell'olio	»	11

IN ORDINE ALL'ALLUNGAMENTO AL LIMITE DI ELASTICITÀ:

		Milles.
1°	Cerchi d'acciaio Bessemer (Seraing) allo stato naturale . .	1,41
2°	id. id. Krupp, temprati nell'olio	1,40
3°	id. id. id. allo stato naturale	1,32
4°	id. di ferro acciaioso Petin-Gaudet allo stato naturale .	1,17
5°	id. id. a grana	1, »
6°	id. d'acciaio Bessemer (Seraing) temprati nell'acqua . .	0,72
7°	id. di ferro a nervo	0,67
8°	id. di ferro acciaioso Petin-Gaudet, temprati nell'acqua .	0,61
9°	id. id. id. id. nell'olio .	0,38

Da queste classificazioni risulta, che per tenacità e potenza elastica, i migliori cerchi per bocche da fuoco sono quelli di acciaio Krupp temprati nell'olio, e quindi i non temprati; vengono in seguito quelli d'acciaio Bessemer di Seraing, ed in ultimo quelli di ferro acciaioso Petin-Gaudet.

SPECCHIO RIASSUNTIVO FINALE delle medie di tutte le esperienze per trazione longitudinale successivamente alla rottura

con cerchi di ferro, di ferro acciaioso, di acciaio, e con acciai nazionali

(eseguite a tutto il 1871).

INDICAZIONI RELATIVE AI SAGGI		RESISTENZA ELASTICA			RESISTENZA ALLA ROTTURA			
		Sforzo in chil. per mill. quadrato della sezione	Allungamento unitario in millesimi	Coefficiente d'elasticità	Sforzo alla rottura riferito alla sezione: Primitiva	Sforzo alla rottura riferito alla sezione: Di rottura	Rapporto della sezione di rottura alla primit. p. %	Allungamento totale in millesimi
Ferro in cerchi.								
Petin-Gaudet	Media di 2 saggi con cerchio di ferro a grana . .	20,0	1,000	20000	34,2	43,0	77,7	75
	» di 2 » a nervo . .	17,0	0,665	25563	34,4	53,5	64,7	144
Ferro acciaioso in cerchi.								
Petin-Gaudet	Media dei 20 esperimenti su 10 cerchi	24,4	1,167	20934	42,1	76,9	54,5	115
	» 4 » sul massello	24,7	1,165	21336	41,0	64,6	63,5	106
	» 2 » temprati nell'acqua . . .	11,5	0,610	18852	48	82,2	58,4	88
	» 2 » » nell'olio . . .	11,0	0,38	28948	48	78,3	61,3	111
Acciaio in cerchi.								
Krupp (*acciaio fuso*)	Media dei 4 esperimenti su 2 cerchi	26,0	1,32	19700	54,8	89,7	91,2	74
	» 2 » su cerchi temprati nell'olio	29,0	1,40	20714	76,5	88,4	86,5	55
Cockerill (*acciaio Bessemer*)	Media di 2 esperimenti su 1 cerchio	26,0	1,41	18438	51,7	73,7	74,0	95
	» 2 » 1 » temprato nell'acqua	17,0	0,72	23611	40,8	71,2	75,3	90
Acciaio da cannoni.								
Krupp	Media di 6 saggi allo stato naturale (longitudinale)	20,75	0,99	20960	21,6	82,4	74,7	167
	» 4 » fucinati (id.)	20,0	1,07	18691	59,9	89,8	66,7	138
	» 3 » » e temprati nell'acqua . . .	45,0	2,37	19030	80,0	—	—	7
Petin-Gaudet	Saggi allo stato naturale (longitudinali)	20,0	0,87	23000	65,0	94,8	68,9	100,0
	Saggi fucinati (id.)	24,0	0,99	24242	63,0	103,0	91,0	161,0
Ferro acciaioso nazionale.								
Ferro acciaioso (*Pudellato*) — **Bozza**	3 saggi della spedizione di aprile . .	19,3	0,98	19636	40,3	91,4	48,8	301
	2 » marzo . . .	15,0	0,95	15789	40,0	76,9	52,2	250
Gregorini	2 saggi molli	20,0	0,92	21739	56,8	60	95,4	50
	2 » duri	25,0	1,50	16666	51,7	52,2	90,9	19
Acciaio nazionale.								
Acciaio (*Bessemer*) **Bozza**	Del N° 6 media di 3 saggi	26,3	1,40	18785	52,0	71,5	72,7	192
	» 6 1/2 »	22,0	1,71	12865	47,4	75,0	63,4	221
	» 4 »	28,0	1,25	22400	57,8	74,8	77,2	106
	» 5 »	32,6	1,79	18212	55,9	64,7	86,3	182

CAPITOLO III.

CONSIDERAZIONI ED ESPERIMENTI SULLA ELASTICITÀ SPECIALE E DEDUZIONI RELATIVE ALLA CERCHIATURA

Titolo I.

DELL'ELASTICITÀ SPECIALE

Nel Capitolo I a pagina 9, si diceva:

« I dati esperimentali esistenti sulle leggi d'elasticità dei corpi, face-
« vano tener conto dell'elasticità solo fino a quel limite nel quale il corpo,
« cessando l'azione dello sforzo, riprendeva totalmente o quasi la sua
« lunghezza primitiva, limite che perciò chiamavasi *limite d'elasticità*.
« Vedremo però in seguito che, quando anche il corpo abbia subito una
« modificazione molecolare sotto l'azione dello sforzo ed abbia perduto
« la facoltà di riprendere totalmente la sua lunghezza primitiva, esiste
« sempre e fino alla rottura, una potenza molecolare elastica; questa
« resistenza elastica propria, che chiamerò *elasticità speciale*, verrà
« espressa, per ogni sforzo, dalla differenza fra *l'allungamento totale mo-*
« *mentaneo e l'allungamento totale permanente;* ed il valore assoluto di
« detta differenza verrà distinto sotto il nome di *allungamento elastico*
« *speciale*. Questo fatto, generalmente non avvertito, ha in certi casi una
« vera importanza, e dalle esperienze fatte potrassi dedurre una legge
« particolare che può avere conseguenze rilevanti in pratiche appli-
« cazioni ».

È giunto ora il momento di parlare di questa elasticità, che abbiam chiamata *elasticità speciale*.

Nell'esame fatto delle esperienze fin qui citate, si è rilevato, che il ferro acciaioso e l'acciaio esperimentati subivano *allungamenti momentanei* gradatamente crescenti, e prossimamente proporzionali agli sforzi; sino a che, raggiunto un dato sforzo, cessa questa proporzionalità, e gli allungamenti crescono rapidamente, ed in modo da determinare generalmente un'inflessione repentina nella curva che li rappresenta. Fecero eccezione, fra certi limiti però, alcune qualità d'acciaio temprato che presentarono inflessioni meno rapide.

Circa agli *allungamenti permanenti*, essi principiano generalmente sotto uno sforzo prossimamente uguale a quello in cui gli allungamenti momentanei cessano di mantenersi proporzionali agli sforzi, e vanno pur essi gradatamente crescendo cogli sforzi.

Si ritiene generalmente come *sforzo al limite d'elasticità*, quello corrispondente all'origine dell'allungamento permanente. Ma v'ha un fatto essenzialissimo a constatarsi: quello cioè che, allorquando si è oltrepassato questo limite di elasticità, se il saggio esperimentato non riprende più la sua lunghezza primitiva quando cessa l'azione dello sforzo, tuttavia egli si accorcia di una certa quantità, uguale alla differenza fra l'allungamento momentaneo e quello permanente.

Tale differenza rappresenta un'elasticità propria del saggio, quella cioè che abbiam chiamata *elasticità speciale;* ed essa non solo si conserva, ma cresce gradatamente sino alla rottura.

Esaminiamo questa legge nei cerchi di ferro acciaioso Petin-Gaudet.

Elasticita' speciale dei cerchi Petin-Gaudet. — Dagli specchi parziali N° 5 e 6, contenenti gli allungamenti momentanei e permanenti delle 20 sbarre ricavate dai 10 cerchi Petin-Gaudet, state esperimentate alla trazione longitudinale, ricavando le differenze degli allungamenti momentanei e permanenti per ogni sforzo, si ha lo specchio parziale N° 11 contenente le dette differenze per cadun cerchio, e finalmente le differenze medie finali per tutti i cerchi (1).

Le cifre contenute in questo specchio dimostrano, come vi sia grande regolarità negli allungamenti elastici, e la proporzionalità di questi cogli

(1) In detto specchio si scorgono alcune irregolarità nei decimillesimi della lunghezza primitiva, e queste devono attribuirsi alla difficoltà di eseguire misurazioni con tale approssimazione, più che ad irregolarità nella qualità del metallo.

sforzi relativi; ossia si può stabilire che: *l'elasticità speciale cresce colla potenza dello sforzo, sin quasi alla rottura.*

Per rendere evidente questa nuova legge, che non è priva d'importanza, prendiamo un saggio qualunque, ad esempio quello N° 47 del cerchio $\frac{B}{IV}$ (specchio parziale N° 6) e tracciamo (Tav. XVII^a) le curve dei diversi allungamenti. Sia O X l'asse delle ascisse, sul quale sono portati i diversi sforzi successivi in chilogr. per mill. quad. della sezione. Sia XY l'asse delle ordinate degli allungamenti, in millesimi della lunghezza primitiva del saggio. Se da ogni sforzo di 2, 4, 6, ecc., sino a 38 chilogr. innalziamo le ordinate corrispondenti agli allungamenti momentanei (rappresentati alla scala doppia del vero per il saggio lungo un metro) misurati per ogni sforzo, avremo la curva degli allungamenti momentanei O, M, M' ed M''. Se sulle stesse ordinate portiamo gli allungamenti permanenti misurati dopo ogni sforzo, avremo la curva degli allungamenti permanenti in P, P', P''.

Gli allungamenti elastici speciali sono rappresentati dalle lunghezze delle ordinate, *a e*, *a' e'*, ecc., comprese fra le due curve.

Per meglio chiarire la legge secondo cui procedono questi allungamenti, se dall'asse delle ascisse portiamo sulle stesse ordinate le differenze dei due allungamenti, cioè $30\,M' - 30\,P' = 30\,s'$; $- 38\,M'' - 38\,P'' = 38\,s''$; ecc., avremo la curva degli allungamenti elastici speciali in $O, s, s', \ldots s''$.

Queste curve provano quanto già venne enunciato, cioè che *gli allungamenti elastici speciali sono pressochè proporzionali agli sforzi, sin quasi alla rottura.*

Infatti gli allungamenti permanenti cominciano sotto lo sforzo di circa chilogr. 24 (corrispondente al limite d'elasticità assoluto), e da questo punto cessa la proporzionalità degli allungamenti momentanei agli sforzi; mentre gli allungamenti elastici speciali si mantengono esattamente proporzionali agli sforzi sino a 30 chilog., e molto prossimamente sino alla rottura.

A rendere più chiaro ancora questo fatto, fu condotta la retta, che partendo dall'origine dell'asse, rappresenterebbe gli allungamenti elastici se essi fossero *precisamente* proporzionali agli sforzi sino alla rottura; e si vede che essa confondesi sino a 24 chilogr. colla curva degli allungamenti

momentanei, da 24 a 30 con quella degli allungamenti speciali, quindi rimane molto prossima a questi ultimi sino alla rottura.

Uguale conclusione deriva dall'esame dello specchio parziale N° 10, giacchè sui 20 saggi si verifica la legge.

Per i cerchi di ferro acciaioso Petin-Gaudet il principio enunciato è adunque pienamente constatato.

Elasticita' speciale dei cerchi e di acciaio di diverse qualita'.— È opportuno eziandio il verificare, se detto principio si estenda ad altri metalli.

Se, — dagli specchi medii riassuntivi degli allungamenti misurati sulle sbarre ricavate dai diversi cerchi di acciaio Krupp, da quelli di ferro acciaioso e di solo ferro, e sulle sbarre di acciaio nazionale esperimentate per la fabbricazione dei cerchi, — deduciamo gli allungamenti elastici speciali medii, abbiamo lo specchio riassuntivo seguente:

SPECCHIO RIASSUNTIVO delle medie degli allungamenti elastici speciali risultanti dalle esperienze di trazione longitudinale.

SFORZO IN CHILOGR. PER MILL. QUAD. DELLA SEZIONE	CERCHI DI — FERRO ACCIAIOSO Petin-Gaudet — Cerchi ordinari	Dopo lo sforzo di 30 chil. (1)	Massello	Sbarre temprate nell'acqua	Sbarre temprate nell'olio	ACCIAIO Krupp — Cerchi ordinari	Dopo lo sforzo di 30 chil. (1)	Sbarre temprate nell'olio	FERRO Petin-Gaudet — A grana	A nervo	SBARRE DI — ACCIAIO BESSEMER Bessa — Saggio ...	Saggio ...‑	Saggio	Saggio ....+	FERRO ACCIAIOSO puddellato — Molle	Aprile
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
2	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,11	0,00	0,00
3	0,06	0,06	0,02	0,00	0,00	0,14	0,03	8,00	0,01	0,00	0,01	0,34	0,00	0,15		
4	0,10	0,11	0,05	0,05	0,00	0,18	0,14	0,00	0,08	0,00	0,11	0,41	0,00	0,21	0,00	0,07
5	0,14	0,18	0,10	0,11	0,08	0,23	0,20	0,00	0,13	0,06	0,18	0,58	0,00	0,28		
6	0,19	0,22	0,14	0,19	0,13	0,28	0,25	0,04	0,17	0,03	0,21	0,60	0,01	0,37	0,04	0,18
7	0,24	0,27	0,19	0,27	0,18	0,33	0,31	0,12	0,24	0,10	0,28	0,71	0,07	0,44		
8	0,30	0,33	0,24	0,34	0,20	0,38	0,36	0,17	8,30	0,20	0,33	0,79	0,12	0,49	0,16	0,29
9	0,35	0,38	0,29	0,42	0,25	0,43	0,40	0,22	0,35	0,26	0,37	0,91	0,17	0,54		
10	0,40	0,43	0,34	0,50	0,29	0,48	0,45	0,28	0,41	0,31	0,41	0,96	0,23	0,60	0,26	0,40
11	0,46	0,48	0,40	0,55	0,35	0,54	0,51	0,34	0,47	0,37	0,42	1,05	0,28	0,64		
12	0,51	0,53	0,45	0,60	0,10	0,58	0,27	0,40	0,54	0,42	0,55	1,12	0,33	0,71	0,38	0,50
13	0,56	0,58	0,51	0,65	0,45	0,64	0,62	0,47	0,60	0,47	0,50	1,17	0,37	0,76		
14	0,62	0,63	0,56	0,73	0,49	0,69	0,68	0,53	0,66	0,52	0,67	1,20	0,45	0,80	0,50	0,61
15	0,67	0,68	0,61	0,73	0,53	0,74	0,74	0,58	0,72	0,57	0,73	1,31	0,49	0,85		
16	0,72	0,73	0,67	0,70	0,59	0,79	0,80	0,61	0,78	0,62	0,78	1,36	0,56	0,91	0,69	0,73
17	0,77	0,76	0,73	0,80	0,82	0,84	0,85	0,71	0,83	0,66	0,84	1,41	0,60	0,96		
18	0,83	0,83	0,78	0,84	0,63	0,89	0,90	0,79	0,88	0,71	0,89	1,48	0,68	1,01	0,76	0,84
19	0,89	0,88	0,84	0,87	0,74	0,94	0,96	0,83	0,94	0,73	0,95	1,52	0,73	1,05		
20	0,94	0,93	0,89	0,91	0,78	0,99	1,01	0,87	1,00	0,76	1,01	1,59	0,79	1,12	0,92	1,04
21	0,99	0,97	0,94	0,92	0,82	1,04	1,07	0,92	1,13	1,09	1,05	1,63	0,84	1,17		
22	1,07	1,03	0,98	0,96	0,97	1,09	1,12	0,98	1,12	1,10	1,12	1,65	0,91	1,24	0,97	1,26
23	1,15	1,08	1,02	0,98	0,92	1,15	1,17	1,04	1,17	1,15	1,17	1,67	0,96	1,28		
24	1,22	1,14	1,11	0,99	0,98	1,21	1,23	1,10	1,16	1,20	1,24	1,68	1,02	1,33	1,16	1,46
25	1,28	1,19	1,14	1,01	1,01	1,25	1,29	1,18	1,25	1,35	1,35	1,70	1,08	1,37		
26	1,27	1,24	1,23	1,05	1,03	1,30	1,34	1,21	1,47	1,55	1,37	1,73	1,13	1,43	1,35	1,53
27	1,36	1,29	1,30	1,07	1,08	1,32	1,39	1,29	1,52	1,65	1,40	1,75	1,12	1,47		
28	1,48	1,35	1,37	1,12	1,16	1,34	1,44	1,36	1,68	1,75	1,43	1,78	1,24	1,53	1,60	1,60
29	1,54	1,40	1,43	1,19	1,23	1,38	1,49	1,40	1,72	1,80	1,50	1,80	1,31	1,59		
30	1,59	1,44	1,59	1,32	1,22	1,58	1,54	1,46	1,77	1,85	1,66	1,90	1,30	1,63	1,76	1,80
31	1,70	1,47	1,68	1,29	1,38	1,63	1,52	1,53	1,87	1,90	1,80	1,97	1,48	1,68		
32	1,82	1,60	1,75	1,35	1,36	1,69	1,64	1,58	2,10	2,05	1,98	2,10	1,55	1,73	2,14	2,00
33	1,94	1,90	1,96	1,48	1,41	1,80	1,67	1,61		2,15	2,37	2,30	1,60	1,78		
34	2,05	2,00	2,01	1,60	1,57	1,85	1,73	1,69			2,55	2,47	1,80	1,88	2,36	2,13
36	2,28	2,25	2,29	1,93	2,09	2,05	1,80	1,78			2,74	2,65	[illegible]	2,20	2,54	2,33
38	2,42	2,40	2,80	2,14	3,08	2,30	1,93	1,89			2,90	2,83	2,26	2,40	2,83	2,54
40				2,39	4,07	2,35	2,05	1,97			3,07	3,09	[illegible]	2,61	3,00	
42				2,74	4,41	2,37	2,30	2,11			3,14	3,20	2,42	2,93		
44				2,75	4,60	2,87	2,32	2,22			3,20	3,33	2,53	3,20		
46					4,84	2,96	2,58	2,42			3,23	3,67	2,64	3,33		
48							2,87	2,54			3,97		2,72	3,57		
50							3,02	2,68			3,73		2,83	3,73		

(1) Vedansi gli esperimenti riportati al § 3° del presente Capitolo.

L'esame di questo specchio ci prova che il principio è anche vero per l'acciaio di qualità molto diverse non temprato, e temprato in varie guise, come anche pel ferro acciaioso e pel ferro.

Entro questi limiti d'esperienze, già assai estese, ed eseguite su metalli cotanto diversi, si può dunque con qualche fondamento conchiudere che, almeno per il ferro, il ferro acciaioso e l'acciaio, *l'elasticità speciale cresce cogli sforzi, ed è molto prossimamente proporzionale ad essi sino alla rottura.*

Titolo II.

COME POSSA ACCRESCERSI LA POTENZA ELASTICA

Esaminiamo ora, se da queste considerazioni possano derivare conseguenze di pratica utilità.

Dal principio sovraesposto, principio già da altri rilevato in alcuni casi particolari, ne viene che, nell'impiego dell'acciaio e del ferro, e nelle circostanze ove si tien calcolo essenziale della loro elasticità, invece di limitare gli sforzi a cui sono sottoposti, in modo che questi sforzi rimangano inferiori al limite d'elasticità del metallo, come generalmente si fa, si potrebbe sottoporli a sforzi molto maggiori, utilizzando maggiormente la loro elasticità speciale disponibile, cioè riducendo le sezioni per accrescere l'allungamento elastico speciale. Questa deduzione, che pare paradossale, può essere però confermata per via esperimentale.

Se il principio enunciato è esatto, è evidente che sottoponendo sbarre metalliche ad uno sforzo di trazione molto superiore al loro limite d'elasticità, esse devono, dopo lo sforzo, aver acquistato una potenza elastica maggiore di quella che prima avevano.

Allo scopo di verificare se ciò realmente avvenga, si fecero alcuni esperimenti, sottoponendo direttamente alcune sbarre di acciaio ad uno sforzo di trazione longitudinale superiore al limite di elasticità, e quindi, trascorso un certo tempo, si sottoposero le stesse sbarre, come negli esperimenti anteriori, a sforzi di trazione successivamente crescenti di chilogr. in chilogr. per mill. quad. della loro sezione e si misurarono gli allungamenti momentanei e permanenti per ogni sforzo. Se realmente l'allungamento elastico speciale cresce cogli sforzi, doveva succedere che il limite d'elasticità relativo a questo secondo esperimento si sarebbe trovato più elevato di quello delle sbarre non sottoposte a quella trazione iniziale.

Si presero due sbarre d'acciaio Krupp, l'una del cerchio $\frac{K}{I}$ col N° 15, l'altra del cerchio Krupp $\frac{K}{II}$ col N° 23, ed altre due sbarre di ferro

acciaioso Petin-Gaudet, l'una del cerchio $\frac{B}{III}$ col N° 40, l'altra del cerchio $\frac{B}{IV}$ col N°49.

Dallo specchio inserto a pagina 86 abbiamo, che il limite d'elasticità media delle sbarre estratte dagli stessi cerchi Krupp $\frac{K}{I}$, $\frac{K}{II}$ corrisponde allo sforzo di chilogr. 26; e dall'altro specchio (pag. 72), risulta che il limite di elasticità della media delle 20 sbarre ricavate da tutti i cerchi Petin-Gaudet, è di circa 24 chilogrammi.

Si sottoposero queste 4 sbarre ad un uguale sforzo diretto di trazione di 30 chilogr. per mill. quad., cioè assai superiore ai limiti di elasticità sovracitati; poscia, dopo un intervallo di alcune ore, vi si applicarono sforzi successivi, come si disse più sopra.

Nello specchio seguente sono riportati i risultati ottenuti per caduna sbarra e le loro medie.

ESPERIMENTI A TRAZIONE con sbarre d'acciaio di cerchi Krupp e Petin-Gaudet, dopo lo sforzo diretto di chilogrammi 30.

CON SFORZO DIRETTO DI CHILOGRAMMI 30 PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	CERCHI KRUPP						CERCHI PETIN-GAUDET					
	K/I N° 15 $l=800$ $S=249$		K/I N° 23 $l=800$, $S=233$		Media cerchi Krupp		B/III N° 40 I $l=800$, $S=500$		B/IV N° 49 I $l=800$, $S=500$		Media cerchi Petin Gaudet	
	Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti	
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
Si hanno gli allungamenti in millesimi	1,60	0,50	1,40	0,30	1,50	0,40	21,50	19,50	17,60	16,00	19,55	17,75
Sforzi successivi dopo lo sforzo diretto di 30 chilogrammi	$l=800$		$l=800$		$l=800$		$l=819,50$		$l=816,00$		$l=817,75$	
1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
2	0,07		0,00		0,03		0,00		0,05		0,05	
3	0,12		0,06		0,09		0,04		0,09		0,06	
4	0,17		0,11		0,14		0,09		0,14		0,11	
5	0,23		0,17		0,20		0,14		0,19		0,16	
6	0,29		0,22		0,25		0,20		0,25		0,22	
7	0,35		0,27		0,31		0,25		0,30		0,27	
8	0,40		0,32		0,36		0,31		0,35		0,33	
9	0,45		0,36		0,40		0,35		0,40		0,38	
10	0,50		0,40		0,45		0,40		0,45		0,43	
11	0,56		0,46		0,51		0,46		0,50		0,48	
12	0,62		0,52		0,57		0,51		0,55		0,53	
13	0,67		0,57		0,62		0,56		0,60		0,58	
14	0,72		0,63		0,68		0,61		0,65		0,63	
15	0,78		0,70		0,71		0,66		0,70		0,68	
16	0,84		0,76		0,80		0,71		0,75		0,73	
17	0,90		0,80		0,85		0,76		0,80		0,78	
18	0,96		0,85		0,90		0,81		0,85		0,83	
19	1,02		0,90		0,96		0,86		0,90		0,88	
20	1,08		0,95		1,01		0,91		0,94		0,93	
21	1,13		1,01		1,07		0,95		0,99		0,97	
22	1,18		1,07		1,12		1,00		1,05		1,02	
23	1,23		1,12		1,17		1,05		1,11		1,08	
24	1,28		1,19		1,23		1,11		1,16		1,14	
25	1,33		1,25		1,29		1,17		1,21		1,19	
26	1,37		1,30		1,34		1,22		1,26		1,24	
27	1,42		1,35		1,39		1,28		1,31		1,29	
28	1,47		1,40		1,44		1,34		1,37		1,35	
29	1,52		1,45		1,49		1,39		1,42		1,40	
30	1,58		1,50		1,54		1,46		1,60	0,14	1,53	0,07
31	1,64		1,55		1,59		1,86	0,33	1,77	0,28	1,70	0,29
32	1,69		1,60		1,61		3,80	2,23	5,94	2,43	4,87	2,33
33	2,15	0,45	1,80	0,15	1,97	0,30	4,75	2,85	13,25	11,40	9,00	7,07
34	2,50	0,75	2,00	0,30	2,25	0,52	10,00	8,05	18,90	16,85	14,45	12,45
36	3,55	1,70	2,40	0,65	2,97	1,17	23,25	20,85	30,15	27,95	26,70	24,45
38	4,95	2,90	3,45	1,65	4,20	2,27	44,75	42,90	47,05	44,80	45,90	43,50
40	6,25	4,75	5,50	3,60	6,22	4,17			82,15	79,50		
42	9,30	7,00	7,70	5,60	8,50	6,30						
44	13,00	10,00	10,75	8,50	11,87	9,25						
46	16,50	14,00	14,00	11,35	15,25	12,67						
48	20,45	17,50	17,50	14,80	19,02	16,15						
50	25,30	22,00	21,35	18,60	23,32	20,30						
52	30,75	27,35	25,75	22,65	28,20	25,00						
54	36,95	33,40	31,15	27,70	34,05	30,50						
56	46,60	43,00	39,00	35,50	42,80	39,25						
58	60,00	56,20	49,50	45,70	54,75	51,95						
Sforzo di rottura sulla sezione primitiva . . . . chilogr.		59		59,4		59,2		39,90		41,90		40,55
Sforzo di rottura sulla sezione di rottura . . . . »						84,0						79,1
Allungamento alla rottura millesimi				61		70,5		117,9		128,[illegible]		122,9
Sezione di rottura . . . . mill q.		249		233		241		252		261		256,5
Rapporto fra la sezione di rottura e la primitiva.		64,6		60,8		62,7		50,40		52,20		51,30
Sforzo al limite d'elasticità chilogr.		32		32		32		29		30		29,5
Allungamento corrispondente millesimi		1,60		1,64		1,65		1,42		1,46		1,44
Coefficiente d'elasticità						19393						20486

I risultati contenuti in questo specchio conducono alle seguenti considerazioni:

Sbarre Krupp. — Sotto lo sforzo diretto di 30 chilogr., queste sbarre ebbero in media un allungamento permanente di millesimi 0,40 (per ottenere il quale si era oltrepassato il limite medio d'elasticità di 26 chilogr.) ed uno momentaneo di 1,50, per cui l'allungamento elastico speciale risultava di millesimi 1,10; dopo le prove successive di trazione, per lo stesso sforzo di 30 chilogr., vi fu un allungamento medio permanente 0 ed uno momentaneo di millesimi 1,54; l'allungamento elastico aumentò perciò di 0,44. Il limite di elasticità, invece di essere di chilogr. 26, salì a chilogr. 32, con un aumento di chilogr. 6.

Sbarre Petin-Gaudet. — Sotto lo sforzo diretto di chilogr. 30 vi fu un allungamento permanente medio di millesimi 17,75 (epperciò il limite di elasticità fu molto oltrepassato), ed uno momentaneo di 19,55. Dopo gli esperimenti di trazione successivi, il limite di elasticità delle sbarre, che era di chilogr. 24, risultò di chilogr. 29; vi fu adunque un aumento di chilogr. 5.

Nella Tavola XVIII^a, si trovano rappresentate graficamente le curve medie degli allungamenti momentanei e permanenti delle sbarre Petin-Gaudet, sottoposte alla trazione successiva, dopo aver sofferto una trazione diretta di 30 chilogr.; ed in confronto con queste, quella della media delle sbarre dei medesimi cerchi, esperimentate col modo solito; dal loro esame, risultano evidenti gli effetti ottenuti sull'elasticità dalla trazione preventiva.

In conclusione si può dire, che una sbarra sottoposta ad uno sforzo di trazione, anche oltre il proprio limite di elasticità, quando è poi sottoposta a nuovi sforzi inferiori a quello, non soffre più alcun allungamento permanente, epperciò la sua potenza elastica è stata accresciuta (1).

Parrebbe cioè, che la trazione abbia prodotto una modificazione molecolare particolare, del genere di quella che si verifica nel trafilamento o nella laminazione con aumento nella potenza molecolare.

(1) Questo fatto veniva già avvertito da altri, per esempio dal *Bresse* nel suo Corso di meccanica applicata.

Questa proprietà può aver varie applicazioni in pratica, e vedremo tra poco che se ne può utilmente trar partito nella cerchiatura delle bocche da fuoco.

Per valersene praticamente, due sono i mezzi che si presentano più facili. Il primo sarebbe quello di sottoporre effettivamente le sbarre ad uno sforzo diretto di trazione, prima di impiegarle all'uso cui sono destinate; ma qui si affaccia immediatamente una grave difficoltà, poichè richiederebbesi una gran potenza nei meccanismi che dovrebbero eseguire questo sforzo, come sarebbero strettoi idraulici, ecc. Il secondo mezzo, che pare dovrebbe sciogliere la quistione, sarebbe quello d'impiegare il calore per dilatare le sbarre foggiate con apposite teste, e quindi disporre le sbarre stesse entro apposito apparecchio, che mantenesse immobili le teste sino a completo raffreddamento; così, per la contrazione che ne seguirebbe, le sbarre sarebbero obbligate ad una distensione determinata.

Questo metodo avrebbe altresì il vantaggio di potersi applicare facilmente alla dilatazione dei cerchi per bocche da fuoco, adoperando un cilindro ad espansione, attorno al quale verrebbero collocati i cerchi riscaldati e dilatati; lasciandoli poscia raffreddare, essi subirebbero lo effetto della trazione per contrazione obbligata.

Essendosi costrutto un apparecchio apposito per eseguire questi esperimenti, ne diamo qui appresso la descrizione, e riferiremo eziandio i risultati ottenuti sulle sbarre esperimentate.

Titolo III.

ESPERIMENTI DI TRAZIONE PER CONTRAZIONE OBBLIGATA PRODOTTA DAL RAFFREDDAMENTO

Descrizione dell'apparecchio (Tav. XVI^a, Fig. 6^a). — Un solido sostegno di ghisa MM è incavato nel senso della sua lunghezza, ed in questo incavo possono scorrere due cuscinetti d'acciaio CC, muniti di risalti II che penetrano in due scanalature laterali all'incavo in *ss*, e sono esattamente lavorati e combacianti colle faccie interne dell'incavo stesso. Questi cuscinetti sono destinati a formare l'appoggio del saggio T ed a ricevere esternamente le sue teste *tt*, mantenendolo parallelo al fondo dell'incavo, ma distaccato da esso, per lasciar posto a due tronchi di parallelepipedo d'acciaio *pp*, *p'p'*. Trasversalmente al sostegno vi sono due braccia NN, munite di sporgenze attraversate dalle chiavarde a vite *vv*; queste chiavarde agiscono sopra le estremità di un cuneo graduato d'acciaio G, e servono a regolarne la posizione, in modo da far combaciare le sue faccie inclinate coi tronchi di parallelepipedo *pp*, *p'p'*, che sono di lunghezza variabile.

Per eseguire lo esperimento, si dispongono i cuscinetti a distanza tale fra loro, che corrisponda alla lunghezza del saggio; poi, colla vite di avanzamento, si spinge innanzi il cuneo finchè, coll'allontanamento dei tronchi di parallelepipedo, produca uno sforzo di un chilogramma per millim. quad. della sezione del saggio, sforzo ritenuto sufficiente per assicurare un perfetto combaciamento. Per mezzo della graduazione segnata sul cuneo stesso, si rileva allora la lunghezza del saggio. Quindi, tolto il saggio e riscaldatolo alla temperatura necessaria perchè acquisti il voluto allungamento, lo si ricolloca nell'apparecchio, che nel frattempo si avrà avuto cura di disporre, dando al cuneo la conveniente posizione, in modo che la distanza dei cuscinetti sia eguale, non più alla lunghezza primitiva del saggio, ma a questa, accresciuta dell'allungamento corrispondente alla tensione cui il saggio stesso vuol essere sottoposto.

Il saggio raffreddandosi, tende ad accorciarsi, ed esercita una pressione gradatamente crescente sui cuscinetti, che rimangono immobili; quando è completamente raffreddato, si fa retrocedere il cuneo, ed il saggio riprende allora la sua posizione di equilibrio. Spingendo nuovamente il cuneo colla stessa forza esercitata in principio, si verifica se il saggio abbia ripreso la sua lunghezza; e, se nell'esperimento fu oltrepassato il limite di elasticità, si riconosce il valore dell'allungamento permanente.

Praticamente si riconobbe però, che l'apparecchio non poteva aver tutta la precisione richiesta, prendendo le misure degli allungamenti col solo cuneo graduato, giacchè vi era una notevole compressione dei cuscinetti e sostegni; vi si rimediò, segnando con un punzone due punti fissi alla estremità dei saggi, e prendendo direttamente le misure con un compasso a verga ed a nonio.

Oltre al verificare, come abbiamo ora descritto, se la proprietà dell'allungamento elastico speciale fosse vera, anche ottenendo lo sforzo di trazione per contrazione obbligata col raffreddamento, questo apparecchio era stato anche immaginato per altro scopo, quello cioè di adoperarlo per la collaudazione dei cerchi, estraendo da un dato numero dei cerchi provvisti, dei saggi di determinata lunghezza, e sottoponendo questi saggi, dopo averli dilatati col calore, alle operazioni ora descritte. Se gli esperimenti fossero riesciti facili e precisi, siccome queste prove erano indipendenti dalle dimensioni delle sezioni dei saggi, si avrebbe potuto evitare la costruzione di saggi di determinate ed uniformi sezioni per esperimentarli colla macchina, col vantaggio di avere un apparecchio poco costoso, di facile trasporto e di facile maneggio.

Gli esperimenti col suddescritto congegno avevano dunque duplice scopo, e vennero eseguiti nel modo seguente.

Esperimenti. — Si presero 4 sbarre di cerchi di ferro-acciaioso Petin-Gaudet, N° 59 M; 60 O; 61 F; 62 G; foggiatene le teste, le sbarre riescirono della lunghezza di millim. 900, e con ognuna di esse si eseguirono le seguenti operazioni. Si riscaldò la sbarra finchè avesse ottenuta la voluta dilatazione, e quindi fermatene le teste nell'apparecchio coi cuscinetti alla distanza prefissa, le si fece subire così un allungamento momentaneo determinato per effetto del raffreddamento obbligato. Dopo

completo raffreddamento, si estrasse la sbarra, e si rilevò l'allungamento permanente. La stessa sbarra subì varie prove consecutive con un aumento crescente nella distanza fra i cuscinetti.

Le distanze fra i cuscinetti furono regolate in modo da ottenere gli allungamenti momentanei di:

millesimi . . . . 0,50 — 0,90 — 1,30 — 2,50 — 7
corrispondenti a sforzi di chilogr. 12 — 20 — 23 — 26 — 29

circa di trazione, ed il limite d'elasticità dovea essere compreso fra il 2° e 3° allungamento, mentre l'ultimo evidentemente lo sorpassava di molto.

Dopo questi esperimenti, diretti a verificare se gli allungamenti dovuti alle dilatazioni corrispondevano a quelli dovuti ad uguali sforzi di trazione, si sottoposero tutte le sbarre all'uopo preparate, a sforzi successivi di trazione come in tutti i precedenti esperimenti.

Nello specchio seguente sono riportati i risultati parziali e la loro media.

PROVE A CALDO ED A TRAZIONE

Saggi estratti da cerchi d'acciaio Petin-Gaudet.

Le tensioni e gli allungamenti sono in millesimi della lunghezza primitiva.

	SAGGIO N° 59 M		SAGGIO N° 60 O		SAGGIO N° 61 F		SAGGIO N° 62 G		MEDIA GENERALE	
	PROVE A CALDO (l=900)									
SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	Tensione	Allungam. resi.	Tensione	Allungam. resi.	Tensione	Allungam. resi.	Tensione	Allungam. resi.	Tensione	Allungam. resi.
	0,55	0,00	0,55	0,00	0,52	0,00			0,54	0,00
	0,80	0,00	1,00	0,05			1,00	0,05	0,81	0,03
	1,28	0,17	1,05	0,17	1,17	0,09	1,67	0,40	1,29	0,21
	2,50	1,28	2,44	1,28	2,28	1,09	3,30	2,00	2,63	1,41
	6,89	5,78	7,22	5,87	6,33	5,00	7,55	6,39	7,00	5,76
	PROVE A TRAZIONE (l=800)									
	Allungamenti									
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00		0,00		0,02		0,06		0,02	
2	0,00		0,00		0,06		0,12		0,04	
3	0,00		0,00		0,09		0,17		0,06	
4	0,00		0,00		0,15		0,22		0,09	
5	0,04		0,02		0,22		0,27		0,14	
6	0,10		0,09		0,27		0,32		0,19	
7	0,16		0,16		0,35		0,39		0,26	
8	0,24		0,22		0,42		0,45		0,33	
9	0,29		0,29		0,50		0,50		0,39	
10	0,36		0,35		0,55		0,55		0,45	
11	0,40		0,40		0,60		0,60		0,50	
12	0,46		0,47		0,67		0,67		0,57	
13	0,54		0,55		0,74		0,75		0,64	
14	0,59		0,60		0,80		0,80		0,70	
15	0,65		0,65		0,89		0,87		0,76	
16	0,72		0,72		0,95		0,92		0,82	
17	0,80		0,77		1,00		0,97		0,88	
18	0,85		0,82		1,07		1,02		0,94	
19	0,92		0,87		1,12		1,10		1,00	
20	1,00		0,95		1,17		1,16		1,07	
21	1,06		1,02		1,25		1,21		1,13	
22	1,12		1,10		1,30		1,26		1,19	
23	1,20		1,15		1,36		1,30		1,25	
24	1,22		1,20		1,42		2,17	1,00	1,58	0,25
25	1,95	0,62	1,31		1,47		7,62	0,12	3,09	1,63
26	10,50	8,80	6,22	4,77	5,00	3,37	14,00	12,31	8,93	7,31
27	16,87	15,00	22,60	20,87	10,00	8,12	20,50	18,69	17,46	15,67
28	20,00	19,62	28,19	26,22	12,25	10,00	29,37	27,37	22,45	20,80
29	24,75	22,50	35,37	33,06	15,37	13,12	41,12	38,81	29,15	26,86
30	29,37	27,00	43,75	41,37	20,00	17,58	54,37	51,87	36,87	34,42
31	34,87	32,50	55,19	52,75	22,87	20,50	78,50	75,81	47,86	45,39
32	41,62	39,25	69,02	66,50	27,00	24,50				
33	49,62	48,12	91,44	88,75	31,25	28,75				
34	55,50	53,50			36,25	33,37				
36	88,75	85,75			49,06	46,25				
38					65,87	62,50				
40					103,37	99,62				
Sforzo di rottura chilogr.		36,6		33,6		40,4		31,8		35,6
Allungamento alla rottura . . . . . milles.		120		131		144		119		128
Sezione di rottura mill. q.		201		276		339		336		310
Rapporto tra la sezione di rottura e la sezione primitiva . . . . . p. %		48,5		46		56,5		56		51,75
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura chilogr.		75,4		73		71,5		56,8		68,6

Nelle prove a caldo, le tensioni medie furono effettivamente molto prossime a quelle stabilite; e se si confrontano gli allungamenti momentanei ottenuti, con quelli medii dei cerchi Petin-Gaudet sottoposti a prove di trazione, inserti nello specchio a pagina 72, si riscontra un notevole accordo. Da questa prima parte dell'esperimento si potrebbe perciò conchiudere, che il sistema di esperimenti per trazione, per dilatazione e raffreddamento obbligato entro matrici, è praticamente applicabile.

Dalle prove di trazioni successive, fatte colle sbarre che avevano sopportate quelle per dilatazione e contrazione obbligata, risulta invece che le tensioni iniziali date alle sbarre, non aumentarono l'elasticità speciale. A rendere il fatto più evidente, si tracciò la curva media degli allungamenti momentanei e permanenti (Tav. XVIII[a]) in confronto con quella citata a pagina 130. Risulta altresì che lo sforzo di rottura è diminuito.

Conclusione. — Da questi esperimenti si può adunque dedurre che: *la potenza elastica non è accresciuta da uno sforzo di trazione anteriore, quando esso è ottenuto con una dilatazione prodotta dal calore e dalla successiva contrazione obbligata dovuta al raffreddamento;* ed un tal fatto pare doversi attribuire a ciò, che il calore facilitando lo spostamento delle molecole, queste, in seguito al raffreddamento per contrazione obbligata, non rimangono più nelle stesse condizioni di tensione, come succede quando la trazione è dovuta all'applicazione di un peso.

Volendo sviluppare la potenza elastica per utilizzare maggiormente l'allungamento elastico, converrà adunque ricorrere a sforzi meccanici di trazione, e non a contrazioni obbligate per raffreddamento.

Titolo IV.

COME POTREBBERO AUMENTARSI GLI EFFETTI DELLA CERCHIATURA

Si sa che la resistenza di una bocca da fuoco non aumenta proporzionalmente colla grossezza delle pareti; ma fin ora non fu mai ben determinata la legge di questa resistenza, in relazione alle grossezze delle pareti.

Riferirò più tardi i risultati di esperienze dirette a rischiarare la quistione, e che furono eseguite in numero già assai grande da poterne dedurre conclusioni importanti.

Intanto, è fuor di dubbio che l'aumento di resistenza cresce in proporzioni minori degli aumenti di grossezze, perchè gli strati esterni non possono più concorrere in uguali proporzioni degli interni.

La cerchiatura d'acciaio applicata ai cannoni, con una tensione determinata, ne aumenta la resistenza: 1° perchè agli strati più esterni del masso centrale che, per la loro distanza dall'asse, sono alquanto inerti, sostituisce cerchi di una minor grossezza, i quali, per la loro minor distanza dal centro, le loro condizioni di tensione iniziale, e la loro elasticità propria, possono entrare in azione sotto l'impulso della conflagrazione dei gaz; 2° perchè colla cerchiatura si crea una pressione dall'esterno all'interno delle bocche da fuoco.

Finora fu stabilito che la tensione a darsi ai cerchi non dovesse mai oltrepassare quella del limite di elasticità, come è generalmente intesa. A cagion d'esempio, nella cerchiatura qual è ora applicata coi cerchi Petin-Gaudet, la differenza fra il diametro interno dei cerchi e quello esterno della bocca da fuoco corrisponde ad 1,5 millesimi del diametro; ma tenendo conto del restringimento subito dal cannone, la tensione si riduce a circa milles. 1,2 del diametro primitivo del cerchio, risultando così assai prossima a milles. 1,17, che è l'allungamento medio al limite d'elasticità, dedotto dai risultati ottenuti su 10 cerchi sperimentati per trazione (Specchio pag. 72).

Ora, dalle considerazioni cui ci condusse lo studio sulla elasticità spe-

ciale, e da quelle svolte sin qui, relative alle varie qualità d'acciaio, son tratto a credere che la cerchiatura possa operarsi con effetti molto superiori agli attuali, e ciò tanto coll'impiego di acciaio di migliore qualità di quello sinora impiegato, come anche mediante un sistema particolare di preparazione dei cerchi.

Son di parere che, impiegando l'acciaio fuso e temprato, con tensione prossima al suo limite d'elasticità, si possa aumentare l'energia della cerchiatura, poichè si può raggiungere una tensione di circa 30 chilogr. per millim. quad. della sezione dei cerchi. Se poi questi cerchi, prima di essere applicati, avessero già subìto uno sforzo preventivo di chilogr. 60, forse potrebbero essere impiegati con grande potenza elastica e con tensioni di 50 chilogrammi.

Mantenendo le qualità attuali dei cerchi, si potrebbe forse, volendo utilizzare la proprietà dell'elasticità speciale, portare la tensione ad uno sforzo prossimo ai 30 chilogr. senz'alcuna preparazione di cerchi; e se si sottoponessero i cerchi a sforzi di trazione preventiva di chilogr. 40, si potrebbe accrescerne la tensione sino allo sforzo di circa 35 chilogr. Questi vari modi di accrescere l'energia della cerchiatura, senza aumento delle grossezze dei cerchi, sarebbero evidentemente vantaggiosi.

A rischiarare tale questione, parmi che si dovrebbero eseguire esperimenti su tre bocche da fuoco cerchiate appositamente: l'una con cerchi d'acciaio fuso e temprato; la seconda con cerchi della qualità attuale, aumentandone la tensione; la terza coi cerchi pure della qualità attuale, ma sottoposti prima ad un energico sforzo di trazione mediante un sistema di cuneo interno, che spinto da potente strettoio idraulico allargasse i cerchi, i quali poi, esattamente torniti, sarebbero applicati alle bocche da fuoco, con una tensione molto maggiore dell'attuale.

APPENDICE

Nota A

ESPERIENZE DELL'INGEGNERE KIRKALDY

Conclusioni delle esperienze fatte sul ferro e sull'acciaio.

Traduzione (1).

1. La resistenza alla rottura non indica la qualità, come finora erasi supposto.
2. Una grande resistenza alla rottura può essere dovuta ad un ferro di qualità superiore, denso, fino e passabilmente dolce, oppure semplicemente all'essere il ferro molto duro e poco elastico.
3. Una piccola resistenza alla rottura può essere dovuta ad una tessitura sconnessa e grossolana, oppure ad una estrema dolcezza, quantunque sia di qualità molto serrata e fina.
4. Il restringimento della superficie di rottura forma un elemento essenziale nel giudicare la qualità del saggio.
5. I meriti rispettivi di diversi saggi si possono determinare correttamente, paragonando la resistenza alla rottura, combinata col restringimento della superficie.
6. I saggi di qualità inferiore presentano variazioni nella resistenza alla rottura molto maggiori che quelli di qualità superiore.
7. La differenza che esiste nelle proprietà tra le sbarre piccole e le grosse è maggiore per quelle a grana grossa che non per quelle a grana fina.
8. L'opinione prevalente che le sbarre grezze sieno più forti di quelle tornite, è erronea.
9. Le sbarre laminate s'induriscono leggermente fucinandole.
10. Lo sforzo alla rottura ed il restringimento della sezione, nelle lamiere di ferro, sono maggiori nel senso della laminatura che nel senso trasversale.
11. I saggi presi al centro o lateralmente, negli assi a manovella, presentano molte piccole diversità di resistenza.

(1) Experiments on wrought iron and steel London. — Grove, Southwark Street, 1866.

12. La resistenza alla rottura ed il restringimento della sezione sono maggiori nei saggi presi nel senso della lunghezza d'un asse a manovella, che non in quelli presi trasversalmente.

13. Lo sforzo di rottura dell'acciaio, preso isolatamente, non determina le qualità reali delle varie specie di questo metallo.

14. Il restringimento della sezione dei saggi d'acciaio esperimentati alla rottura deve essere osservato come nel ferro.

15. La resistenza alla rottura ed il restringimento della sezione, offrono i mezzi di paragonare le proprietà dei varii gruppi di saggi.

16. Vi sono qualità d'acciaio molto dure, per conseguenza adatte ad alcuni usi speciali, mentre altre qualità estremamente dolci sono egualmente adatte ad usi differenti.

17. La resistenza alla rottura ed il restringimento della sezione, nelle lamiere d'acciaio pudellato, sono maggiori nella direzione della laminatura, mentre in quelle di acciaio fuso, sono minori.

18. Quando la rottura del ferro è repentina, presenta invariabilmente una apparenza cristallina; quando la rottura è lenta, la sua apparenza è invariabilmente fibrosa.

19. L'apparenza si può cambiare da fibrosa in cristallina, facilitando lo schiantamento mediante una semplice modificazione nella forma del saggio.

20. L'apparenza può cambiare col variare la maniera di trattare il ferro, rendendolo più duro e più soggetto allo schiantarsi.

21. L'apparenza può anche cambiare per uno sforzo così repentino, che ne determini lo schiantamento prima che il saggio abbia avuto tempo di allungarsi.

22. Il ferro è meno soggetto a schiantarsi, quanto più è lavorato e laminato.

23. L'esterno del ferro è alquanto più duro dell'interno, siccome l'apparenza della rottura nelle sbarre grezze e tornite lo dimostra.

24. Il carattere misto del ferro vecchio, usato nei pezzi grossi fucinati, è provato dalla singolare e variata apparenza delle rotture dei saggi ricavati dagli assi a manovella.

25. La tessitura delle varie qualità del ferro fucinato si sviluppa molto bene, immergendolo nell'acido idroclorico dilungato, il quale agendo sulle impurità esterne, mette in evidenza solo la parte metallica.

26. Nelle rotture fibrose, le fibre vengono distese e si vedono esternamente, mentre nelle rotture cristalline le fibre sono rotte trasversalmente in massa, e si vedono nella sezione.

Nel secondo caso, la rottura del saggio è sempre perpendicolare alla lunghezza; nel primo, essa è più o meno irregolare.

27. L'acciaio rotto lentamente presenta invariabilmente un'apparenza fibrosa fina. Quando la rottura è istantanea, l'apparenza è invariabilmente granulare, nel

qual caso altresì la rottura è sempre perpendicolare alla lunghezza: quando la rottura è fibrosa, l'angolo di rottura diverge più o meno da 90°.

28. L'apparenza granulare presentata dall'acciaio a rottura istantanea non ha quasi lucentezza, ed è differente dall'apparenza brillante cristallina della rottura istantanea del ferro; ambedue, combinate nello stesso saggio, si presentano nelle chiavarde di ferro parzialmente convertite in acciaio.

29. L'acciaio, il quale si ruppe precedentemente con un'apparenza fibrosa fina, si cambia in granulare se si indurisce.

30. Il breve tempo addizionale occorso nelle prove de' saggi per misurare gli allungamenti, non ha recato effetto dannoso a scapito della resistenza alla rottura, come taluno suppone.

31. Le misure degli allungamenti variano non solo moltissimo nelle diverse qualità, ma presentano anche variazioni considerevoli nei saggi della stessa marca.

32. Si è verificato che, generalmente, i saggi si allungano ugualmente su tutta la loro lunghezza fin quasi alla rottura, giunti alla quale, essi cedono più o meno istantaneamente, al solito in una parte sola, qualche volta in due, ed in pochi casi eccezionali in tre differenti parti.

33. In qualche qualità di ferro, l'allungamento proporzionale può essere più grande nelle sbarre corte che nelle lunghe, mentre per altre qualità, il rapporto è indipendente dalla lunghezza delle sbarre.

34. Le dimensioni laterali dei saggi formano un importante elemento, nel paragonare tanto la quantità che il rapporto finale di allungamento, circostanza stata finora inosservata.

35. L'acciaio perde in forza col raffreddamento nell'acqua, mentre la forza di esso aumenta notevolmente col raffreddarlo nell'olio.

36. Più è riscaldato l'acciaio (però senza correre il rischio di bruciarlo) maggiore ne è l'aumento di forza, mediante l'immersione nell'olio.

37. Nell'acciaio molto lavorato o duro, l'aumento di tenacità e di durezza è maggiore che nell'acciaio meno lavorato o dolce.

38. L'acciaio riscaldato, dall'essere immerso nell'olio invece che nell'acqua, non viene soltanto considerevolmente indurito, ma è reso altresì più tenace.

39. Più lamiere d'acciaio raffreddate nell'olio, e unite insieme con ribaditure, sono pienamente eguali in forza ad una sola lamiera dolce, di sezione eguale alla somma delle loro sezioni; ossia la perdita di forza cagionata dalle ribaditure è più che bilanciata dall'aumento di forza prodotto dal raffreddamento nell'olio.

40. I chiodi d'acciaio da ribadire, di diametro molto maggiore di quelli usati per ribadire le lastre di ferro dello stesso spessore, risultando considerevolmente troppo piccoli per ribadire lamiere d'acciaio, sembra quindi probabile che la giusta proporzione per i chiodi da ribadire il ferro (come generalmente è creduto) non sia quella del diametro eguale alla grossezza delle due lastre da unirsi.

41. Lo sforzo per tagliare i chiodi d'acciaio da ribadire risulta di un quarto minore della resistenza alla trazione.

42. Le chiavarde di ferro, temprate a pacchetto, sopportarono minor sforzo alla rottura che quando non erano temprate; questo è dovuto a che la maggiore tenacità della piccola parte d'acciaio è più che controbilanciata dalla rispettiva maggiore duttilità della parte interna di ferro.

43. Il ferro molto riscaldato e raffreddato rapidamente nell'acqua s'indurisce, e lo sforzo di rottura quando è applicato gradatamente, aumenta, ma nello stesso tempo è più soggetto a schiantarsi.

44. Il ferro e l'acciaio sono raddolciti, e la loro resistenza alla rottura è diminuita, quando sono riscaldati e poi lasciati raffreddare lentamente.

45. Nel ferro laminato a freddo, la resistenza alla rottura aumenta grandemente, per essere diventato molto duro e non per essersi *condensato* come prima si supponeva.

46. I saggi presi da un asse a manovella, migliorano colla battitura.

47. La galvanizzazione e la stagnatura delle lastre di ferro, non producono alcun effetto sensibile sulle lastre dello spessore esperimentato. I risultati nullameno potrebbero essere differenti, se le lastre fossero estremamente sottili.

48. Lo sforzo di rottura è materialmente dipendente dalla forma del saggio; infatti lo sforzo sopportato era molto minore quando il diametro era uniforme per qualche pollice di lunghezza, che quando ristretto ad una piccola parte; proprietà precedentemente sconosciuta e nemmeno sospettata.

49. È necessario di conoscere correttamente le condizioni esatte nelle quali sono eseguite le prove, prima di poter paragonare equamente risultati di diverse provenienze.

50. La saliente discrepanza fra gli esperimenti fatti all'Arsenale di Woolwich e quelli eseguiti dallo scrivente, è dovuta alla differenza nella forma dei loro rispettivi saggi, e non alla differenza nelle due macchine di prova.

51. Nelle chiavarde, lo sforzo di rottura riesce maggiore, quando si usano cuscinetti vecchi per formarne l'avvitamento, che quando si usano cuscinetti nuovi; perchè il ferro diventa più duro, per la maggior pressione voluta nella formazione dell'avvitamento con cuscinetti vecchi e logori, che quando questi sono nuovi e taglienti.

52. Lo sforzo delle chiavarde è proporzionale alle relative sezioni; e vi ha pochissima differenza in favore di quelle piccole paragonate alle più grandi, invece di una differenza notevole come prima credevasi.

53. Le chiavarde non sono sempre deteriorate, quantunque sieno sforzate fino quasi al punto di rottura.

54. Esiste una grande differenza nella resistenza delle sbarre di ferro state

tagliate e bollite; mentre alcune resistono quasi quanto quelle che non sono state tagliate, ed in altre la resistenza è ridotta ad un terzo.

55. È molto difficile il bollire le sbarre d'acciaio, perchè facilmente si bruciano se si riscaldano troppo; riesce quindi un'operazione incerta.

56. Il ferro è danneggiato quando è portato al color bianco od alla bollitura, se non viene nello stesso tempo battuto o laminato.

57. Lo sforzo di rottura è considerevolmente minore, quando è applicato istantaneamente, invece di gradatamente, quantunque qualcuno abbia creduto il contrario.

58. Il restringimento della superficie è anche minore, quando lo sforzo è applicato istantaneamente.

59. Lo sforzo di rottura è diminuito quando il ferro è gelato (Frozen); collo sforzo applicato gradatamente, la differenza fra una chiavarda gelata e non gelata diminuisce, poichè il ferro si riscalda per lo stiramento del saggio.

60. Il grado di calore sviluppato è considerevole quando il saggio è istantaneamente stirato; come vien dimostrato dalla formazione di vapore, prodotto dalla liquefazione degli strati di ghiaccio situati su varii saggi esperimentati, le cui superficie presero varii gradi di tinta azzurra e gialla; e ciò successe non solamente nell'acciaio, ma anche, quantunque in minor grado, nel ferro.

61. Il peso specifico, generalmente, indica assai correttamente la qualità del saggio.

62. La densità del ferro diminuisce col processo della trafila o del laminatoio a freddo, invece di aumentare come prima si credeva.

63. La densità, in certe qualità di ferro, viene diminuita da un'addizionale laminatura a caldo nel modo consueto: in altre viene leggermente aumentata.

64. La densità del ferro decresce dall'essere il metallo stirato da uno sforzo di tensione, invece di aumentare come taluno crede.

65. L'acciaio il più lavorato non possiede la maggior densità, come qualcuno potrebbe supporre.

66. La densità dell'acciaio fuso è molto maggiore di quella dell'acciaio pudellato, la quale è perfino minore di quella di alcune qualità superiori di ferro battuto.

Nota B

INDICAZIONI RELATIVE ALLE RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE DELLA TAVOLA XIX^a.

Riescendo utile, per lo studio delle qualità dei metalli, l'osservazione de' varii generi di rottura delle sbarre di diverse qualità, a Tav. XIX^a sono riprodotte le fotografie dei principali saggi stati esperimentati, dei quali diamo qui la specificazione:

Rotture per schiacciamento in seguito a trazione interna di anelli ricavati dai cerchi, dopo sforzi successivi.

Fig. 1^a Cerchio d'acciaio Krupp $\frac{K}{I}$ N° 20, allo stato naturale;
» 2^a id. id. id. $\frac{K}{II}$ N° 28, temperato nell'olio.
» 3^a Cerchio d'acciaio Bessemer (Bozza) che presenta numerosi difetti di saldatura; di qualità molto scadente.
» 4^a Cerchio di ferro acciaioso Petin-Gaudet $\frac{A}{2}$ N° 15, di qualità dura a grana.
» 5^a Cerchio di ferro acciaioso Petin-Gaudet $\frac{C}{2}$ N° 12, di qualità dolce e fibroso.
» 6^a Cerchio di ferro acciaioso Petin-Gaudet $\frac{A}{1}$ N° 3, di qualità media e fibroso.

Rottura trasversale con un colpo di mazza dopo aver intagliato il contorno.

» 7^a Sbarra ricavata da un cerchio di ferro acciaioso Petin-Gaudet di natura fibrosa e dolce, ma di bollitura imperfetta e di lavorazione scadente.
» 8^a Sbarra ricavata da un cerchio di buona qualità dura a grana.

Rottura per schiantamento in seguito a trazione longitud. su saggi ricavati da sbarre dopo sforzi successivi.

» 9^a Ferro acciaioso pudellato del sig. Gregorini, di qualità dura ed a grana.
» 10^a Acciaio Bessemer (Bozza) di qualità dura
» 11^a Id. id. id. molto dolce
} Con bolle d'aria di genere speciale e caratteristico, e di imperfetta bollitura.
» 12^a Ferro acciaioso pudellato (Bozza) di qualità dura ed a grana.

Rottura per schiacciamento in seguito a trazione interna di anelli ricavati da cerchi, dopo sforzi successivi

» 13ª Cerchio di ferro Petin-Gaudet a fibra.
» 14ª id. id. id. a grana.

Rottura per compressione dopo sforzi successivi

» 15ª Cilindro di ferro acciaioso Petin-Gaudet, del cerchio O, saggio N° 7, dopo lo sforzo di compressione a chilogrammi 125 per mill. quad. della sezione.
» 16ª Cilindro di ferro acciaioso Petin-Gaudet, del cerchio O, saggio N° 7, dopo lo sforzo di compressione a chilogrammi 100 per mill. quad. della sezione.
» 17ª (1) Cilindro di bronzo da cannone dopo lo sforzo di compressione di 75 chilogrammi per mill. quad.
» 18ª (1) Cilindro di ghisa da cannone dopo uno sforzo di compressione di 75 chilogrammi per mill. quad.
» 19ª, 20ª, 21ª (1) Cilindro di ghisa da cannone rotto per compressione.

(1) Queste figure riferisconsi ad esperimenti di cui si tratterà in seguito.

CAPITOLO IV.

ESPERIENZE SULLA GHISA

Titolo I.

OSSERVAZIONI PRELIMINARI

§ I.

Del prelevamento dei saggi.

Le esperienze meccaniche sulla ghisa presentano difficoltà maggiori di quelle che si eseguiscono su altri metalli più duttili, poichè i risultati possono variare notevolmente per le minime cause.

Nelle ordinarie esperienze meccaniche sulla elasticità e sulla tenacità della ghisa destinata ad usi industriali, generalmente si ricercano risultati approssimati, senza tener conto di tutte quelle minute avvertenze che sarebbero necessarie per averne una determinazione più precisa. Ordinariamente le esperienze sono fatte con saggi appositamente ottenuti di getto e sottoposti a sforzi trasversali; per risultati più precisi si ricavano bensì i saggi dalla massa del getto, senza però tener minuto conto dei punti di prelevamento.

Ora, le circostanze diverse del raffreddamento avendo grandissima influenza sulla costituzione molecolare della ghisa, tutte quelle che possono modificare tale costituzione devono tenersi a calcolo, se si vogliono ottenere risultati precisi.

Tutte le specie di ghisa, raffreddate prontamente, diventano più dure

e di grana più chiara, e questi effetti sono assai più pronunziati nelle ghise di qualità dura.

Se con una medesima qualità di ghisa estratta da un forno, si gettano contemporaneamente pezzi di forme e di dimensioni diverse, e quindi dopo completo raffreddamento si rompono, si osserverà facilmente che le parti più sottili avranno una grana più fina, e più chiara di quelle di maggior grossezza; e quanto più verranno aumentate le dimensioni dei getti, tanto più alla rottura la grana sarà grossolana e scura. La causa di questa modificazione molecolare dipende essenzialmente dal fatto che, pel lento raffreddamento della ghisa, una parte del carbonio combinato si separa dalla massa e rimane libera allo stato di grafite. Secondo le qualità diverse della ghisa, queste modificazioni molecolari hanno luogo in modo più o meno visibile e variabile.

Ora, siccome ad ogni stato molecolare corrispondono qualità fisiche diverse, è evidente che i saggi ricavati da punti differenti dei getti di ghisa, daranno risultati molto diversi tra loro, nelle esperienze meccaniche.

Ad esempio, se da un cilindro di ghisa si ricavano saggi nei sopragetti o negli *sfiatatoi*, essi non corrisponderanno punto a quelli estratti dal corpo del cilindro; quelli ricavati dal centro o dalla periferia saranno pure fra essi assai dissimili, come anche quelli presi dalla parte inferiore, o dalla superiore.

In causa della poca duttilità della ghisa, specialmente di quella da cannoni, hanno pure larga influenza sui risultati delle esperienze le forme e le dimensioni dei saggi, l'entità degli sforzi ed il modo con cui sono esercitati, cioè se direttamente o successivamente sino alla rottura; epperciò quando le esperienze sono essenzialmente comparative, i saggi da esperimentarsi dovranno essere ricavati da punti determinati, avere forme e dimensioni uguali, ed essere poi sottoposti a sforzi esercitati in egual modo.

Vedremo in modo evidente la necessità di determinare con somma cura queste norme prima di dar principio alle esperienze, quando si riferiranno i risultati di quelle, eseguite appunto allo scopo di valutare l'influenza del punto di prelevamento dei saggi, delle loro forme e dimensioni, nonchè degli sforzi diversi a cui furono sottoposti.

Nelle esperienze fatte sui cannoni di ghisa, i punti di prelevamento vennero determinati con cura, cercando per quanto fu possibile di ope-

rare con saggi rappresentanti le qualità medie dei cannoni. In generale, si estrassero i saggi cilindrici dal vivo della bocca dei cannoni, parallelamente al loro asse, a distanze per quanto possibile uguali da esso, e procurando inoltre di scegliere cannoni di ugual diametro esterno, potendosi allora ritenere i saggi in condizioni prossimamente uguali.

Le esperienze eseguite ebbero per iscopo di ricercare l'elasticità, la tenacità, la densità e la durezza delle nostre bocche da fuoco, e delle diverse qualità di ghisa componenti le varie miscele usate nella loro fabbricazione, quindi di confrontarne le proprietà con quelle delle artiglierie estere.

Le difficoltà però che s'incontrano nel voler determinare l'elasticità della ghisa fecero sì, che queste esperienze speciali vennero limitate ad un numero ristretto di bocche da fuoco; mentre invece le ricerche sulla tenacità, densità e durezza furono molto più estese, e fornirono dati interessanti, particolarmente per le nostre artiglierie.

Spero che i risultati ottenuti possano infondere in chi voglia esaminarli, una fiducia meritata nelle artiglierie di ghisa della fonderia di Torino, che per le loro buone qualità, possono stare in confronto a quelle estere più stimate.

§ II.

Forme e dimensioni dei saggi, principii seguiti nelle esperienze.

I saggi per le esperienze di trazione longitudinale, ad eccezione di alcuni per la ricerca speciale dell'elasticità, avevano le forme e le dimensioni indicate nella Fig. 5ª, Tav. IIIª. La lunghezza totale dei saggi era perciò di mill. 130; e le dimensioni del fusto cilindrico da tenersi a calcolo per le esperienze, erano di 30 millimetri in lunghezza, con una sezione di 250 millimetri quadrati.

Dai tronchi di artiglierie si estraevano parallelamente all'asse e con un trapano anulare (1), cilindri di 35 millimetri di diametro e di 150 millimetri di lunghezza, dai quali erano poi ricavati sul tornio i saggi delle forme e delle dimensioni sopracitate.

(1) Vedasi a Tav. XXIVª, Fig. 6ª, ov'è rappresentato il coltello adoperato per l'estrazione dei saggi.

Generalmente, per ogni tronco di cannone, si prendevano quattro saggi, due distanti 60 millim. dall'asse del tronco e due distanti 160 millim., e si operava diversamente solo quando, atteso il calibro ed il diametro esterno del tronco, non era possibile ottenere cilindri nelle posizioni sovradette; in ogni caso però si registravano le loro distanze dall'asse.

Possibilmente, si sceglievano per le esperienze tronchi di ghisa appartenenti a cannoni di ugual diametro esterno, e che potevano perciò ritenersi in uguali circostanze di raffreddamento.

Finalmente i saggi furono presi generalmente presso al vivo della bocca, o nella materozza, dalla parte verso cui fu tagliata dal cannone.

Cadun saggio portava inciso il numero della bocca da fuoco da cui proveniva, e la lettera E od I, secondo che corrispondeva alla maggiore od alla minor distanza dall'asse.

Tutti questi dati furono registrati, e sono riportati nello specchio parziale N° 12, il quale contiene i risultati di tutte le esperienze fatte sulla ghisa, eccettuate quelle per la ricerca dell'elasticità.

Dopo collaudati i saggi, se ne prendeva pure la densità, colle norme stabilite nel Capitolo I; si procedeva quindi agli esperimenti di trazione longitudinale direttamente alla rottura.

La trazione era esercitata da prima con uno sforzo di un chilogramma per millimetro quadrato della sezione; tale sforzo veniva quindi accresciuto successivamente ed in modo continuato, facendo scorrere lentamente il romano sulla stadera, finchè avveniva la rottura. Si deduceva quindi e si registrava lo sforzo di rottura, riferito al millimetro quadrato della sezione primitiva.

Per gli esperimenti sulla durezza si operava come fu detto al Capitolo I, Titolo III, pag. 55, prendendo però un solo intaglio sopra una delle due teste di cadun saggio, e ciò dopo la rottura ottenuta per trazione.

Oltre gli esperimenti per trazione, se ne eseguirono pure altri per compressione. I saggi destinati a questi ultimi esperimenti, erano ricavati sul tornio, dalla testa del saggio che non aveva subìto la prova della durezza, ed erano cilindri del diametro di mill. 22,6 corrispondente ad una sezione di 400 millimetri quadrati, e della lunghezza di mill. 45,2, cioè doppia del diametro. Le esperienze per compressione ebbero luogo per sforzi successivi e crescenti direttamente sino alla rottura, facendo

scorrere lentamente il romano sulla stadera, e registrando lo sforzo di rottura riferito al millimetro quadrato della sezione.

In quanto alle esperienze speciali sull'elasticità, le forme e le dimensioni dei saggi, non che le norme seguite per esercitare gli sforzi, saranno per ogni volta indicate.

§ III.

Della ghisa impiegata nella Fonderia di Torino, e delle miscele adottate.

La Fonderia di Torino sino all'anno 1857 costruiva esclusivamente bocche da fuoco in bronzo, incettando quelle di ghisa all'estero.

Nel dicembre 1850, dietro l'intelligente iniziativa presa dall'allora maggiore Cavalli, appena ne fu nominato direttore, si studiò la quistione della fabbricazione dei cannoni di ghisa, e dopo alcuni esperimenti preliminari ne veniva decisa la fabbricazione nella Fonderia di Torino.

Mentre si facevano ricerche di ghisa piemontese atta per cannoni, s'incominciò intanto la fabbricazione con miscele composte di tronchi di cannoni esteri fuori servizio, e di ghisa di prima fusione incettata nel Belgio, della stessa qualità di quella impiegata nella Fonderia di Liegi.

L'approvazione data alla miscela del cannone di saggio gettato nell'aprile 1858, segnò l'impianto regolare della fondita dei cannoni di ghisa in Torino.

Non fu possibile trovare in Piemonte ghisa conveniente; poichè quella della Valle d'Aosta, sia per la specie dei minerali, sia per il loro difettoso trattamento negli alti forni colà esistenti, non possedeva le qualità ed i caratteri voluti. Si eseguirono bensì alcune fondite di cannoni di saggio, ma queste non riuscirono, essenzialmente per difetto di liquidità del bagno. Sullo scorcio del 1858, fui inviato in Savoia allo scopo di studiarvi la qnestione; e dopo alcuni suggerimenti dati ai produttori circa le miscele dei minerali ed il loro trattamento negli alti forni, si ottennero pani di ghisa di prima fusione, di qualità adatta per cannoni. Si gettarono allora due cannoni di saggio, l'uno con ghisa della Ferriera di Cran presso Annecy, l'altro delle Ferriere di Argentine in Moriana. Esperimentati al tiro questi cannoni, la scelta fu in favore della ghisa dell'alto forno di Argentine, ove si trattano al carbon di legno i minerali spatici manganesiferi di St-Georges d'Urtière. Il cannone di saggio resi-

stette nel tiro ad oltranza sino al al 57° colpo, mentre quello di Cran scoppiò al 56° colpo.

La fabbricazione dei cannoni di ghisa venne allora attivata con miscele composte di ghisa Argentine, e di artiglierie fuori servizio.

Nel 1859, appena liberata ed unita al Regno la Lombardia, vennemi affidato l'incarico di ricercare se, fra le varie qualità di ghisa prodotte in detta provincia, fosse possibile ottenere ghisa di prima fusione adatta al getto delle artiglierie; fatta la scelta di quelle che fra le varie specie mi parevano migliori, si gettarono con esse varii cannoni di saggio, i quali subirono le prove di tiro.

Fra le varie qualità di ghisa, risultò superiore quella prodotta dai minerali trattati nell'alto forno di Bondione, il cui cannone di saggio scoppiò al 56° colpo; questa ghisa venne perciò adottata ed impiegata in varie miscele.

Finalmente, dopo nuovi esperimenti su ghisa proveniente dall'alto forno di Allione in Val Camonica, appartenente al cav. Andrea Gregorini, venne definitivamente ed esclusivamente impiegata questa ghisa di prima fusione, nelle miscele dei cannoni gettati da quell'anno in poi. Deesi notare però, che nelle provviste successive, il signor Gregorini riuscì ad accrescerne progressivamente la resistenza con speciali cerniture e combinazioni di minerali, fra i quali ultimi primeggiano gli spatici-manganesiferi.

Le miscele adottate dal 1861 al 1871, contenenti ghisa di Allione, il numero dei colpi a cui resistettero i relativi cannoni di saggio, non che le densità di questi, sono riuniti nello specchio a pagina 156.

Siccome accadrà in seguito di dover prendere in esame questo specchio, convien fornire alcune indicazioni speciali sui dati ivi contenuti.

Le densità notate nello specchio, corrispondono alla media della densità del bottone di culatta e del disco di volata dei cannoni di saggio.

Il numero dei colpi a cui resistettero le varie miscele, corrisponde alla resistenza dei cannoni di saggio gettati con esse, nelle prove di tiro ad oltranza.

Il cannone di saggio è del calibro di millimetri 102; ha forme e dimensioni identiche a quelle dell'antico cannone da libbre 8 già in uso presso la marina francese, stato scelto come cannone tipo per le prove di resistenza dallo scienziato Monge all'epoca della Rivoluzione, e conser-

vato sino a questi tempi. Lo stesso tipo di cannone fu anche adottato dalla Spagna e dal Belgio per poter confrontare i risultati dello prove di tiro.

Le serie dei colpi stabilite in Italia per le prove del cannone di saggio sono le seguenti:

Prove di tiro ad oltranza dei cannoni di saggio italiani.

N° 20 colpi con carica di peso $\frac{1}{3}$ del proietto = Chil. 1,333

Un proietto sferico del peso di . . . . Chil. 4,000

N° 20 colpi con carica di peso $\frac{1}{2}$ del proietto = Chil. 2,000

Un cilindro del peso di due proietti . . . . Chil. 8,000

N° 10 colpi con carica di peso $\frac{1}{2}$ del proietto = Chil. 2,000

Un cilindro del peso di tre proietti . . . . Chil. 12,000

N° 5 colpi con carica eguale al peso del proietto = Chil. 4,000

Due cilindri ciascuno del peso di tre proietti . . . Chil. 24,000

N° 1 colpo con carica doppia del peso del proietto = Chil. 8,000

Quattro cilindri del peso di tre proietti ed un proietto Chil. 52,000

Quindi si prosegue con quest'ultimo tiro sino allo scoppio.

Per N° 56 colpi si sparano adunque in totale Chil. 114,66 di polvere e Chil. 532 di proietti.

Prima del recente regolamento di collaudazione delle bocche da fuoco (adottato nel 1872), perchè una miscela fosse adottata, il cannone di saggio gettato per esperimento non doveva scoppiare prima del 56° colpo, in cui il cannone è caricato sino alla bocca.

Nelle condizioni poi d'accettazione di una partita di ghisa d'Allione, oltre alle condizioni delle dimensioni speciali dei pani che debbono avere un peso medio di 200 chilogrammi, ed ai limiti superiori ed inferiori di classificazione della ghisa, è pure prescritto nel contratto, che il cannone di saggio gettato con sola ghisa di Allione non debba scoppiare prima del 56° colpo.

In Francia e nel Belgio sono stabilite le stesse resistenze per l'adozione delle miscele, e le provviste di ghisa.

Occorre qui rilevare, come questa prova di tiro ad oltranza prescritta in Italia, sia superiore a quelle prescritte in Francia e nel Belgio, che riferisco qui sotto:

Prove di tiro ad oltranza dei cannoni di saggio francesi.

N° 20	colpi con carica di Ch.	1,305	e N°	1	palla	del peso di Ch.	3,915
» 20	»	» 1,958	»	2	palle	»	» 7,830
» 10	»	» 1,958	»	3	»	»	» 11,745
» 5	»	» 3,916	»	6	»	»	» 23,490
» 1	»	» 7,832	»	13	»	»	» 50,895

In totale per i 56 colpi, Chil. 112,25 di polvere e Chil. 520,30 di proietti.

Prove di tiro ad oltranza dei cannoni di saggio del Belgio.

N° 20	colpi con carica di Ch.	1,333	e N°	1	palla	del peso di Ch.	3,915
» 20	»	» 1,333	»	2	palle	»	» 7,830
» 10	»	» 1,958	»	3	»	»	» 11,745
» 5	»	» 3,916	»	6	»	»	» 23,490
» 1	»	» 7,832	»	13	»	»	» 50,895

In totale pei 56 colpi, Chil. 100,26 di polvere e Chil. 520,30 di proietti.

Di questi dati conviene tener conto per valutare la resistenza dei nostri cannóni in confronto di quelli francesi e del Belgio.

Devesi poi avvertire un'ultima circostanza importantissima, ed è che sino al 1870 furono da noi usate in queste prove polveri francesi, e che quindi nel 1871 venne prescritto di adoperare quella di Fossano; rileveremo le conseguenze di questa determinazione nell'esaminare lo specchio seguente.

Nei dati contenuti in questo specchio, colpisce il fatto, che la sostituzione della polvere di Fossano a quella francese, nei tiri dal cannone di miscela N° 40 in poi, ha avuto per conseguenza immediata di ridurre il numero dei colpi di resistenza. Ora, siccome dalle osservazioni e dalle esperienze fatte sulla ghisa, è constatato che le varie qualità di essa non peggiorarono in resistenza, se ne deve conchiudere evidentemente che la polvere di Fossano è più dilaniatrice della francese, almeno quando è impiegata in cariche molto lunghe e di gran peso rispetto al proietto, come lo è nelle prove di tiro dei cannoni di saggio.

Altra conseguenza di questa determinazione si è che non vi è più mezzo di poter valutare, dai risultati delle prove di tiro, le differenze di resistenza delle varie miscele, non essendo certo quella di 2 o 3 colpi sufficiente per avere le diverse gradazioni.

Nello studio perciò dei risultati delle esperienze meccaniche sui saggi ricavati dai nostri cannoni, in relazione alle prove di tiro dei cannoni di saggio di uguali miscele, escluderò le miscele oltre il N° 40, ed i confronti si faranno soltanto per le miscele di numero d'ordine inferiore.

Nello specchio delle miscele, ho pure inserto due cannoni di saggio tuttora esistenti, delle miscele distinte colle lettere A e B, avendo essi servito ad esperienze meccaniche con saggi ricavati dalle loro materozze; essi non furono ancora sottoposti alle prove di tiro, in attesa dei risultati di esperimenti in corso, destinati a determinare quali sieno le cariche equivalenti delle polveri francese e di Fossano, per le cariche eccezionali delle prove ad oltranza.

Date queste indicazioni, passo a riferire i risultati delle esperienze meccaniche; avvertendo, che nel corso di questa relazione, ho creduto utile di trattare talune quistioni, le quali, benchè siano più propriamente da considerarsi come inerenti allo studio sulla fabbricazione delle bocche da fuoco, debbon valere, a parer mio, a meglio chiarire le proprietà della nostra ghisa.

Titolo II.

ESPERIENZE SULLA GHISA DA CANNONI DI ALLIONE

§ I.

Classificazione della ghisa di Allione; osservazioni sulle sezioni di rottura.

La ghisa di Allione appartiene alla specie bigia. Nella Fonderia di Torino ho stabilita inoltre una suddivisione in tre classi di questa ghisa, perchè tenendo conto delle proporzioni relative di queste tre classi nei caricamenti dei forni, ne derivasse maggior uniformità di qualità nel getto dei cannoni di seconda fusione.

La classificazione è basata sull'aspetto della frattura trasversale dei pani; coll'avvertenza, che essendo essi gettati in forme di sabbia ed allo scoperto, conviene, nell'esaminarne la frattura, fare astrazione dai lembi snperiori ed inferiori, i quali presentano differenze d'aspetto rispetto alla massa centrale, per le loro diverse condizioni di raffreddamento; la classificazione è perciò essenzialmente dipendente dall'esame della parte centrale dei pani.

La 1ª *classe* è di color bigio con grana media, a sezione di rottura molto schiantata; presenta inoltre parti grafitose lucenti, talvolta di forma lamellare od a faccette, e talvolta di forma radiante a guisa di piccole stelle.

La 2ª *classe* ha una grana più fina, d'un bigio alquanto più chiaro, con poca grafite lamellare o stellata; presenta qualche volta l'aspetto di una ghisa alquanto macchiata o *gocciolata* (truitée), e la sezione di rottura è meno schiantata che in quella della 1ª classe.

La 3ª *classe* ha una grana fina, un fondo bigio chiaro che fa maggiormente risaltare la gocciolatura, ben distinta specialmente nella parte centrale dei pani, mentre ordinariamente la parte superiore tende al bianco cristallino. La sezione di rottura non presenta più alcuna parte schiantata.

Per indicare più chiaramente queste varie apparenze del metallo, feci ritrarre fotograficamente le sezioni di rottura delle varie classi; la Tav. XX^a contiene appunto la riproduzione di tali fotografie.

Le Figure 1^a, 2^a e 3^a corrispondono rispettivamente alle ghise di 1^a, 2^a e 3^a classe con grafite lamellare ed a faccette, di specie poco gocciolata, ricavate dalla parte centrale dei pani ed in grandezza naturale.

Per intendere bene la rappresentazione fotografica di queste rotture, è utile avvertire che i punti contenenti grafite essendo brillanti, essi sono riprodotti in chiaro, e si confondono alquanto colla ghisa tendente al bianco cristallino; così che le fotografie Fig. 2^a e 3^a non riproducono chiaramente i caratteri della ghisa ch'esse rappresentano.

La Fig. 6^a è la fotografia della sezione di rottura di un intiero pane di Allione di 2^a classe, ridotta ai $^3/_4$ del vero, nella quale il lato maggiore della sezione trapezoidale corrisponde alla parte superiore, e che trovasi raffreddata più rapidamente all'aria libera all'atto della colata. Questa parte superiore del pane, in causa del pronto raffreddamento, ha l'aspetto della ghisa di 3^a classe che tende al lamellato, specialmente verso l'angolo sinistro di tale parte; quindi scendendo verso la parte inferiore s'incontra una zona di ghisa di 2^a classe a grana fina, poscia ghisa della stessa classe, ma alquanto gocciolata con alcuni punti stellati di grafite; finalmente, in basso, ghisa sempre di 2^a classe con poca grafite a faccette.

Per precisare maggiormente i caratteri delle sezioni di rottura e della grana della ghisa d'Allione, rispetto ad altre qualità, aggiungerò alcuni confronti.

Nella stessa Tav. XX^a si ha (Fig. 5^a) la sezione di rottura della ghisa di Follonica (Toscana), di qualità bigia scura quasi nera, a grana grossa con grafite a larghe faccette, ed assai simile per aspetto alla ghisa ordinaria commerciale inglese e di Scozia del N° 1; e si vede qual differenza passi fra questa ghisa e quella di Allione detta N° 1 secondo la nostra classificazione.

La Fig. 11^a della Tav. XXI^a rappresenta un pezzo di ghisa da cannone detta del N° 1 della fonderia di Ruelle in Francia; essa ha la grana grossa a larghe faccette, è molto carica di grafite lamellare, ha un color bigio-scuro quasi nerastro, ed è assai simile a quella di Follonica. Tanto l'una quanto l'altra sono di qualità pessima per cannoni, poichè sono impure, molto dolci e senza nervo.

Sono alquanto migliori la ghisa bigia del N° 3, e quella picchiata o gocciolata della Fonderia di Ruelle, rappresentate a Tavola XXIª, (Fig. 12ª e 13ª); ma sono tuttavia molto inferiori a quelle di Allione, e molto più scure del nostro N° 1; cosicchè è assai naturale che i cannoni di seconda fusione di Ruelle ottenuti con questa ghisa presentino nelle sezioni di rottura (Fig. 10ª, Tav. XXIª) un aspetto di ghisa di qualità inferiore ai nostri pani di prima fusione di Allione del N° I.

Nella Tav. XXª (Fig. 4ª) è rappresentata la rottura della ghisa di Bondione del N° 1, la quale fu da noi impiegata per un certo tempo; essa è a grana fina compatta, con piccole faccette di grafite, e di color più scuro dell'Allione N° 1.

La Fig. 7ª della Tav. XXª rappresenta la rottura di un pane di ghisa di Mongiana, impiegata una volta nella Fonderia di Napoli. Essa è bigia e di grana più grossa in generale di quella Allione N° 1, col carattere speciale del presentare una rottura quasi liscia senza schiantamento, in cui rinvengonsi alcune parti disposte irregolarmente, che contengono macchie di color più chiaro della massa, e di grana molto più fina. Ciò è indizio della irregolarità di composizione di questa specie di ghisa, la quale è stata, appunto perciò, riconosciuta impropria alla fabbricazione dei cannoni, tanto più che essa ha una tenacità variabilissima, causata probabilmente da cattivo trattamento negli alti forni.

Dal confronto delle sezioni di rottura di queste varie ghise di prima fusione, si riconosce che quella di Allione, classificata nella Fonderia di Torino per N° 1, è molto più chiara di quelle conosciute in commercio sotto la denominazione del N° 2; quelle d'Allione del N° 2 sono anche più dure di quelle del N° 3 del commercio, come vedremo meglio in seguito, parlando dell'aspetto delle sezioni di rottura dei cannoni. Fin d'ora si può dire che la nostra ghisa di Allione del N° 2 è assai simile a quella dei cannoni russi (Fig. 8ª, Tav. XXIª), mentre il N° 1 ha la rottura assai simile a quella dei cannoni inglesi della Fonderia di Carron (Fig. 9ª, Tav. XXIª).

Le esperienze meccaniche confermano pienamente le deduzioni ricavate dal solo esame della sezione di rottura; si conferma così che un occhio pratico può certamente, dalla semplice osservazione delle rotture delle ghise, ricavare insegnamenti molto utili per comporre le miscele, e scegliere la ghisa più adatta alla fabbricazione delle artiglierie.

§ II.

Esperienze su saggi ricavati dai pani di ghisa Allione delle varie classi.

Scopo delle esperienze essendo quello di stabilire le proprietà medie della ghisa d'Allione, quale entra a far parte dei caricamenti dei forni, conveniva, non possedendo pani di qualità corrispondente a questa media, ricercarla operando su saggi ricavati dai pani delle varie classi, e dedurla quindi col calcolo.

La proporzione in cui le tre classi entrano a formare il caricamento, proporzione che dee servir di base per la ricerca della media, è di circa $^6|_{10}$ di 1ª classe, $^3|_{10}$ di 2ª, $^1|_{10}$ di 3ª, ed è corrispondente a quella che si tiene nelle provviste.

Per l'esecuzione delle esperienze, si estrassero saggi da varii pani delle tre classi, coll'avvertenza di estrarli in direzione parallela all'asse dei pani, e verso la loro parte più centrale. Onde verificare l'influenza del punto di prelevamento, da un pane di 1ª e da uno di 2ª classe furono pure estratti saggi nella parte superiore ed in quella inferiore; questa ultima operazione fu trascurata per la 3ª classe, in causa della piccola proporzione in cui entra nei caricamenti.

Nello specchio riassuntivo seguente, ricavato da quello parziale N° 12, si hanno tutte le indicazioni relative alla posizione dei saggi ed ai loro risultati individuali; tale specchio comprende le esperienze eseguite su 19 saggi, appartenenti a 9 pani delle varie classi, e quindi le medie per classe e la media generale, a seconda delle proporzioni delle varie classi di ghisa nei caricamenti.

Esperienze sui pani di ghisa di 1ª fusione di Allione.

Indicazione delle specie e qualità delle ghise		Posizione dei saggi	N° d'ordine del saggio	Risultati parziali				Risultati medii dei saggi delle parti centrali			
				Densità	Sforzo di rottura per Trazione	Sforzo di rottura per Compressione	Durezza	Densità	Sforzo di rottura per Trazione	Sforzo di rottura per Compressione	Durezza
Saggi ricavati longitudinalmente dai pani di 1ª fusione di Allione — di 1ª classe	Pane A 1870	Parte superiore	145	7,141	17,0	63,0	8,20	7,138	15,6	60,1	8,27
		Parte centrale	95	7,145	13,6	55,0	7,90				
			96	7,134	15,6	61,0	8,40				
		Parte inferiore	146	7,111	19,0	61,5	8,20				
	Pane S 1870	Parte centrale	93	7,115	13,8	60,0	8,30				
		Parte centrale	94	7,131	14,6	60,5	8,20				
	Pane O 1868	Parte centrale	62	7,190	15,8	—	6,50				
di 2ª classe	Pane E 1868	Parte superiore	151	7,258	24,8	87,0	8,80	7,205	20,0	76,7	8,59
		Parte centrale	149	7,219	20,0	—	8,65				
			150	7,207	18,9	—	8,80				
		Parte inferiore	152	7,240	24,4	80,5	6,65				
	Pane E 1870	Parte centrale	147	7,153	17,4	60,5	6,30				
		Parte centrale	148	7,166	17,8	70,0	8,50				
	Pane G 1866	Parte centrale	81	7,221	18,8	72,5	8,40				
		Parte centrale	89	7,191	18,6	72,5	6,50				
	Pane I 1868	Parte centrale	57	7,203	16,0	85,0	6,70				
di 3ª classe	Pane D 1866	Parte centrale	83	7,278	21,6	81,0	8,70	7,280	20,7	82,6	8,61
		Parte centrale	84	7,298	20,0	83,5	8,50				
	Pane E 6818	Parte centrale	69	7,264	20,6	—	8,65				
Le proporzioni delle classi nelle provviste e nel caricamento dei forni essendo di circa 4/10 di 1ª; 5/10 di 2ª; 1/10 di 3ª classe, la vera media calcolata sulle ghise d'Allione sarebbe								7,161	17,43	61,3	8,40

Considerando per caduna classe i risultati medii delle esperienze, si vede che la densità, le resistenze alla rottura per trazione e per compressione, nonchè le durezze, aumentano dalla 1ª alla 3ª classe.

Calcolando poi la media generale, e tenendo per base le già accennate proporzioni di $^{6}|_{10}$ di 1ª classe, $^{3}|_{10}$ di 2ª ed $^{1}|_{10}$ di 3ª, si avrà:

Per densità — 7,191

Per resistenza alla rottura { per trazione — 17,43 chil. per m. q. della sezione
{ per compressione — 61,3 id.

Per durezza — 8,4.

Questi risultati sono molto soddisfacenti.

Ma per avere un concetto più chiaro delle buone qualità della nostra ghisa d'Allione, consideriamo, estraendoli dallo specchio N° 12, i risultati corrispondenti alla media calcolata, e confrontiamoli con quelli medii dei soli pani di 1ª classe, e coi risultati medii dei saggi ricavati da tre cannoni francesi della Fonderia di Ruelle, nonchè da due cannoni inglesi della Fonderia di Carron (dei quali si riferirà in seguito).

Per aver poi un secondo punto di confronto, riporterò pure la media dei risultati dei saggi ricavati da un pane di ghisa Gartschery del N° 1, la qual ghisa è di ottima qualità per getti di parti di macchine.

Finalmente, trascriverò eziandio la media dei risultati di saggi ricavati da un cilindro di ghisa, la cui miscela è di $^{3}|_{4}$ Allione ed $^{1}|_{4}$ Gartschery.

Avremo così lo specchio seguente di confronto:

		GARTSCHERY N° 1	CANNONI		Allione 1ª classe	Allione media calcolata	Miscela $^{3}/_{4}$ Allione $^{1}/_{4}$ Gartschery
			Francesi (*Ruelle*)	Inglesi (*Carron*)			
Densità		7,061	7,130	7,136	7,138	7,19	7,235
Resistenza alla rottura per	Trazione . chil.	11,9	14,8	15,7	15,6	17.43	19,0
	Compressione »	46,0	60,4	61,8	60,1	61,3	64,2
Durezza		7,90	7,56	7,93	8,27	8,4	8,15

Da questo confronto, risulta evidente la buona qualità della ghisa di Allione, che per tenacità alla trazione ed alla compressione supera non solo di circa il 50 p. $^{0}|_{0}$ la ghisa Gartschery N° 1, ma dimostrasi anche superiore a quella dei cannoni di Ruelle e di Carron.

§ III.

Esperienze meccaniche per la collaudazione dei pani di ghisa.

Se ora consideriamo i saggi estratti dalla parte superiore e da quella inferiore del pane di 1ª classe A, e li confrontiamo con quelli estratti dalla parte centrale, si vede che i primi sono inferiori bensì in densità, ma superiori in tenacità; la ragione di un tal fatto sta negli effetti del pronto raffreddamento, che nella ghisa dolce aumenta la durezza, ma non sempre la densità.

Se poi facciamo lo stesso confronto sul pane di 1ª classe F, si rileva che la densità e la tenacità dei saggi esterni, sono molto maggiori che per gl'interni; ciò è dovuto a che, la ghisa di 2ª classe essendo alquanto dura, gli effetti del raffreddamento pronto sono più energici.

Da queste osservazioni potrebbesi inferire che le ghise più dure sono anche più dense e più tenaci; ciò è bensì vero in generale, ma havvi però un certo limite di densità e durezza, oltre il quale succede una diminuzione nella tenacità. Questo fatto è molto importante, e va tenuto in gran conto per la composizione delle miscele.

Ne abbiamo una prova nei saggi centrali dei pani di 3ª classe, i quali, quantunque più densi di quelli ricavati dalle parti superiore ed inferiore del pane F di 2ª classe, hanno una tenacità molto minore.

Da questo esame emerge pure la conseguenza, che il punto di prelevamento dei saggi nei pani, e le differenze fra i pani stessi, rendono assai difficili le esperienze meccaniche; poichè i risultati possono variare in modo essenziale, secondo che il saggio è ricavato piuttosto da una parte che da un'altra. Vano sarebbe perciò lo stabilire prove meccaniche per la collaudazione dei pani di ghisa, giacchè i risultati sarebbero troppo arbitrari ed irregolari, dipendendo essi in gran parte dal sito ove si ricavano i saggi, e dalla scelta dei pani stessi.

Conchiudo perciò, che debbono risolutamente scartarsi le esperienze meccaniche dalle prove di collaudazione della ghisa da cannoni.

§ IV.

Esperienze sulla rifondita della ghisa di Allione.

La resistenza della ghisa di 1ª fusione nei pani di Allione è già assai ragguardevole; allorquando poi questa ghisa vien rifusa al forno a river-

bero, riesce assai migliorata, giacchè si purifica, acquista maggior omogeneità, e gettata in forma da cannone, cambia notevolmente di aspetto, diventando gocciolata.

Se ricaviamo dallo specchio parziale N° 12 i risultati medii dei quattro saggi del cannone N° 957 gettato con sola ghisa di Allione, nelle proporzioni di $^{6}|_{10}$ di 1ª classe, $^{3}|_{10}$ di 2ª ed $^{1}|_{10}$ di 3ª, e che trovasi indicato nello specchio delle miscele al N° 42, e li confrontiamo coi risultati medii dedotti col calcolo, come rappresentanti la ghisa di Allione delle varie classi componenti il caricamento, e citati più sopra, avremo:

	Media calcolata per la ghisa di Allione	Cannone N° 957	Vantaggio in favore del Cannone
Densità	7,19		
Resistenza alla rottura per trazione . . . . . Chil.	17,43	21,40	3,97
» per compressione . . . . »	61,30	77,90	16,60
Durezza . . . . Grado	8,40	8,45	0,05

Dal che si vede che la rifondita accrebbe la tenacità di circa il 25 %.

Se poi invece di rifondere i soli pani di 1ª fusione di Allione, s'introduce nel caricamento altra ghisa già di 2ª fusione, si avrà un nuovo vantaggio nella qualità del cannone, composto così di ghisa, in parte di 2ª fusione ed in parte di 3ª fusione.

Infatti, se confrontiamo i risultati dello specchio precedente con quelli medii dei 4 saggi ricavati dal cannone N° 973, miscela A, composta di $^{3}|_{4}$ di Allione (suddiviso in $^{6}|_{10}$ di 1ª, $^{3}|_{10}$ di 2ª ed $^{1}|_{10}$ di 3ª classe) ed $^{1}|_{4}$ di ghisa di 2ª fusione in materozze e tronchi della fonderia di Torino, risultati inserti nello specchio parziale N° 12, avremo:

	Cannone N° 973	Vantaggio sulla media calcolata per la ghisa di Allione
Densità	7,264	0,073
Resistenza alla rottura per trazione . . . . Chil.	24,9	7,47
» per compressione . . . . »	86,7	25,4
Durezza . . . . »	8,49	0,09

Onde il miglioramento totale ottenuto nella tenacità si può valutare di circa il 42 p. °/₀.

Queste esperienze di rifondita sono interessantissime, poichè mettono in sodo che colla sola ghisa di Allione, si possono ottenere cannoni di ottima qualità.

Da esperienze fatte alcuni anni addietro nello studiar la quistione della rifondita della ghisa, ho potuto rilevare che tale rifondita non devesi però spingere troppo oltre, giacchè, sebbene si possa accrescere la densità sino a 7,500, la ghisa diventa bianca cristallina, perde in tenacità, e non è più atta a resistere all'esplosione della polvere. In quel tempo, non avendosi ancora la macchina per le esperienze meccaniche, lo studio non potè farsi in modo completo; si constatò ciò malgrado, che in generale, per la nostra ghisa, non conviene spingere la rifondita oltre il punto in cui la densità ha raggiunto il limite di 7,320.

La ghisa sola di Allione combinata con altra ghisa più dolce, e prodotta con minerali differenti di quelli che trattansi nell'alto forno d'Allione, può però raggiungere la densità di 7,35 ed anche 7,40 senza perdere in tenacità, como ad esempio succede in molti cannoni delle miscele N° 37 e 39, in cui la ghisa di Allione entra per $^{3}|_{10}$, e quella di 2ª fusione per altri $^{3}|_{10}$.

La rifondita al forno a riverbero, può migliorare alcune qualità di ghisa, mentre può peggiorare quella di altre qualità. In generale, la ghisa dolce è più suscettibile di miglioramenti di quella dura, se trattata nel forno a riverbero, mentre quella dura può solo raggiungere il suo massimo grado di resistenza, con appropriato trattamento di minerale nell'alto forno.

Non tratterò più oltre questa quistione, che appartiene agli studi sulla composizione delle miscele, piuttosto che alle esperienze meccaniche.

Non tralascierò nondimeno di constatare, come conclusione, che: le esperienze e le ricerche eseguite presso la fonderia di Torino, coadiuvate dal conveniente trattamento del minerale negli alti forni, cui seppe giungere il sig. A. Gregorini, migliorando così gradatamente la ghisa da esso fornita, ebbero per risultato l'ottenimento di una ghisa di 1ª fusione di ottima specie, di grande uniformità, e da ritenersi almeno uguale a quelle Svedesi tanto rinomate. Si ebbe così il vantaggio di poter emancipare

l'Italia dall'estero, poichè si possono fondere cannoni, anche esclusivamente con ghisa Allione.

Ma per non perdere quanto si è acquistato, conviene, nelle provviste della ghisa, attenersi a quella di Allione, almeno sinchè successivi esperimenti, i quali son pur sempre lunghi e costosi, abbian fornito il mezzo d'ottenere altre qualità di ghisa che reggano al suo confronto.

Titolo III.

ESPERIENZE SUI CANNONI DI GHISA DELLE MISCELE DELLA FONDERIA DI TORINO E SU ALCUNI CANNONI ESTERI

§ I.

Esperienze sui cannoni di ghisa delle nostre miscele.

Per stabilire i valori medii della tenacità, durezza e densità delle nostre bocche da fuoco, molto prossimamente al vero, era necessario esperimentare numerosi saggi, ricavandone parecchi per ogni bocca da fuoco, scegliendo varie bocche da fuoco per ogni miscela, ed operando così per tutte le miscele adottate. Non avendo a disposizione il numero necessario di bocche da fuoco, le esperienze furono più limitate; ciò nondimeno si sono ottenuti i risultati di 86 saggi, appartenenti a 26 cannoni, di 12 diverse miscele. Si posson quindi già stabilire con sufficiente approssimazione le medie cercate.

I saggi furono ricavati, preparati, ed esperimentati nel modo già descritto in principio, ed i risultati parziali di queste esperienze sono registrati nello specchio N° 12.

Lo specchio riassuntivo seguente comprende le medie dei risultati dei saggi esperimentati per ogni cannone, le stesse medie pei cannoni delle singole miscele, e la media generale delle 12 miscele esperimentate.

RISULTATI MEDII delle esperienze per caduna cannone di ghisa e per miscele diverse della Fonderia di Torino

(Senza distinzione del punto di prelevamento de' saggi).

INDICAZIONI SULLE BOCCHE DA FUOCO		MEDIE PER CANNONE						MEDIE PER MISCELE					
Specie e calibro	N° di fonduta	N° della miscela	Quantità di saggi esperimentati	Densità	Sforzo di rottura: Trazione	Sforzo di rottura: Compressione	Durezza	N° della miscela	Quantità di saggi esperimentati	Densità	Sforzo di rottura: Trazione	Sforzo di rottura: Compressione	Durezza
Cannone da cent. 16 G R	780	19	4	7,951	23,6	88,3	8,63	13	4	7,951	23,6	88,3	8,63
Id. id. id. id.	741	25	4	7,269	25,9	88,5	8,50	25	4	7,269	25,9	88,5	8,50
Obice id. 22 G. R. C.	693	27	4	7,219	22,7	83,8	8,75	27	16	7,261	23,5	83,3	8,71
Cannone id. 12 G R.	1016	27	4	7,315	27,8	90,0	8,67						
Id id. 16 G R (allungato) . . .	349	27	1	7,287	23,1	85,9	—						
Id. id. id. (id.) . . .	351	27	1	7,307	21,3	89,3	—						
Tronco id. 24 G R C.	1085	27	6	7,216	22,4	75,4	—						
Obice id 22 G R. C.	536	31	4	7,294	21,7	81,7	8,63	31	6	7,285	23,0	84,6	8,64
Id. id. 15 G. L.	685	31	2	7,275	24,3	87,5	8,65						
Cannone id. 16 G R	624	37	4	7,319	26,9	97,0	8,54	37	6	7,300	25,1	91,3	8,48
Id. id. 12 G. R.	814	37	2	7,281	23,9	85,5	8,42						
Obice id. 15 G. L.	649	38	4	7,298	24,9	93,6	8,47	38	4	7,298	24,9	93,6	8,47
Cannone id. 16 G. R.	821	39	4	7,287	23,7	86,4	8,44	39	14	7,272	22,8	76,9	8,38
Id id. id.	900	39	1	7,316	22,8	88,5	8,50						
Id. id id.	901	39	1	7,272	22,0	76,0	8,20						
Id. id. id	907	39	1	7,273	22,5	50,5	8,15						
Id id id.	908	39	1	7,246	24,0	86,0	8,50						
Id. id. 24 G. R. C	913	39	6	7,257	21,5	64,8	—						
Id. id. 10 G. L. di saggio	940	41	4	7,298	26,4	88,4	8,57	41	16	7,279	25,2	87,0	8,51
Id. id id. id.	960	41	4	7,265	25,6	80,7	8,52						
Id. id. 16 G. R.	1008	41	4	7,304	22,0	82,5	8,44						
Id. id. 12 G R.	1021	41	4	7,315	26,4	89,3	8,50						
Id. id. 10 G. L. di saggio	981	43	4	7,265	25,4	77,0	8,44	43	4	7,265	25,4	77,0	8,44
Id. id. id. id.	1009	44	4	7,317	24,9	75,9	8,40	44	4	7,317	24,9	75,9	8,40
Id. id. id. id.	1012	45	4	7,278	25,0	84,5	8,45	45	4	7,278	25,0	84,5	8,49
Id. id. id. id.	973	A	4	7,264	24,9	86,9	8,37	A	4	7,264	24,9	86,9	8,37
Media generale degli 86 saggi ricavati da N° 26 cannoni di 16 miscele diverse di Torino								—	86	7,267	24,4	84,9	8,50

Esaminando questo specchio ne dedurremo alcune utili conseguenze:

Relazioni fra la densità e la tenacità.

Se si considerano le relazioni della densità colla tenacità e colla durezza si vede che, in generale, l'aumento di densità è accompagnato da un accrescimento di tenacità e di durezza; vi sono però eccezioni, e su questo punto non credo che, per la nostra ghisa, si possa ammettere in modo così assoluto come alcuni pretendono, il principio che la *tenacità* e la *durezza* crescono colla *densità*.

In America, a cagion d'esempio, nelle numerose e belle esperienze eseguite dal maggiore Wade, per classificare 2824 artiglierie fuse prima del 1841, operando su saggi ricavati al vivo della bocca, si conchiuse in modo deciso che la tenacità e la durezza crescevano uniformemente colla densità. Nelle altre esperienze invece, che si eseguirono in seguito, studiando il modo di migliorare le ghise impiegate nella fondita dei cannoni americani, si conchiuse bensì, che la tenacità cresceva colla densità, ma soltanto sino a che questa raggiungeva all'incirca il valore 7,272; al di là la tenacità diminuiva, mentre la durezza e la resistenza alla compressione crescevano continuamente colla densità.

La discrepanza delle conclusioni su questo punto, può forse avere la sua spiegazione.

Infatti, in seguito alle esperienze di classificazione delle 2824 artiglierie americane, queste vennero divise, dietro le basi seguenti, in tre gruppi distinti.

	Densità	Tenacità per mill. quad. chilogrammi
Di buon servizio quelle che avevano in media	7,200	18,59
Dubbio »	7,140	16,50
Di rifiuto »	7,100	14,78
Media generale	7,148	16,62

Ora, le cifre molto basse indicanti qui la densità e la tenacità, dimostrano che quelle bocche da fuoco erano di ghisa molto più dolce della

nostra; la legge indicata potrebbe quindi esser vera per la prima, anche non essendolo per la seconda.

Oltrecciò, le esperienze americane furono eseguite con metodi diversi, operando promiscuamente sopra saggi sia gettati appositamente, sia ricavati da cannoni, ecc.; e le medie furon tratte, da quanto pare, senza tener conto di queste differenze. Le esperienze invece eseguite da noi, lo furono assai più accuratamente, essendosi sempre operato sopra saggi in identiche condizioni fra loro; è lecito quindi il considerarne le conclusioni come più rigorose.

Possiamo adunque, senza tema d'errore, ritenere la legge sovraespressa come esistente in modo più *generale* che realmente assoluto.

Aspetto della sezione di rottura dei cannoni.

Nelle figure 1ª, 2ª e 3ª della Tav. XXIª, si hanno le fotografie delle sezioni di rottura di sbarre ricavate trasversalmente da alcuni dischi tagliati al vivo della bocca dei nostri cannoni, gettati con varie miscele. Si vede che le rotture sono molto schiantate, che la grana della ghisa è piuttosto fina, di color bigio alquanto chiaro, colla grafite a piccole faccette, e che la ghisa appartiene alla specie così detta *gocciolata*, che in generale ed a ragione è la più stimata.

Dall'esame di queste rotture, in confronto di quelle di alcuni cannoni esteri, rappresentate nella stessa Tavola e di cui si parlerà in appresso, si ha motivo di giudicare le nostre ghise da cannoni fra le migliori; giacchè, a parer mio, l'aspetto della sezione di rottura permette ad un occhio esercitato, di valutare assai esattamente le qualità delle diverse specie di ghisa.

Della tenacità in relazione alla resistenza al tiro.

Confrontando lo specchio surriferito (pag. 170), con quello dei cannoni di saggio delle varie miscele adottate (pag. 157), non si trova alcuna relazione ben definita tra la tenacità media dei cannoni, ed il numero dei colpi di resistenza dei corrispondenti cannoni di saggio di ugual miscela, stati sottoposti alle prove di tiro ad oltranza con polvere francese (giacchè,

come già fu detto, le prove colle polveri di Fossano non devono essere cousiderate). Causa di ciò, è forse il non aver risultati di esperienze meccaniche, eseguite su saggi ricavati dagli stessi cannoni sottoposti al tiro, mentre si hanno invece i risultati dei saggi estratti da cannoni della stessa miscela, ma di diverse forme e di diversi calibri; più probabilmente ancora, ciò dipende dall'essere così piccole le variazioni nella tenacità media delle diverse miscele, che i confronti col numero dei colpi di resistenza nel tiro non possono farsi colla desiderata precisione. D'altra parte infine, i tiri ad oltranza dei cannoni di saggio, fatti in epoche già remote, e con polveri francesi di qualità molto diverse, non sono più la espressione esatta della capacità di resistenza al tiro dei cannoni stessi.

Si ha, ciò non ostante, che le miscele la cui tenacità media è di almeno 23 chilogrammi, son quelle dei cannoni di saggio, la cui resistenza al tiro fu almeno di 61 colpi.

Sulle relazioni fra la tenacità e la resistenza al tiro, si può ancor fare un confronto interessante, deducendolo da esperienze d'altra natura.

Per eseguire esperimenti sulle polveri, si gettarono due cannoni da cent. 16 G R, l'uno N° 349, l'altro N° 351, ma allungati in volata e rigati in modo da avere l'anima di identiche dimensioni a quella dei cannoni da centimetri 16 G R *cerchiati*. A caduno di essi furono applicati tre misuratori delle pressioni *Rodman*, forando le pareti dell'anima a tre distanze diverse dal fondo. Il proietto era del peso di 50 chilogrammi, eguale a quello del cannone da cent. 16 G R C. Questi cannoni, sparati con polvere di Fossano resistettero sinora alle prove seguenti:

	N° 349	N° 351
Colla carica di 6,000 chilogrammi . . . . colpi N°	2	2
» 6,600 » . . . . »	9	—
» 7,000 » . . . . »	66	59
» 7,500 » . . . . »	4	—
» 7,750 » . . . . »	10	3
» 8,000 » . . . . »	9	16
» 8,300 » . . . . »	1	—
» 8,500 » . . . . »	10	30
» 8,600 » . . . . »	5	5
» 8,800 » . . . . »	1	—
» 9,000 » . . . . »	—	5
» 9,200 » . . . . »	—	2
N° totale dei colpi	117	122

Questa resistenza al tiro è veramente straordinaria, poichè il tracciato di queste bocche da fuoco era stato calcolato sulla base ch'esse dovessero sparare palle sferiche di soli 15 chilogrammi, con 5 chilogrammi di carica; più tardi, essendo state rigate, dovevano lanciare un proietto oblungo di 30 chilogrammi, con carica di chilogrammi 3,200. Invece, il numero di colpi già fatti con proietti e cariche assai più pesanti, dopo le quali prove i cannoni sono ancora in buono stato, li dimostra molto superiori in resistenza ai nostri cannoni da cent. 16 G R cerchiati, i quali resistono in media solamente a circa N° 70 colpi, colla carica di 8 chilogrammi, ed un proietto di 50 chilogrammi. Questa resistenza è, per quanto io sappia, superiore a quanto si ottenne all'estero. In Francia per esempio, le prove di resistenza sui cannoni di egual calibro (da 30 N° 1), i quali servono, oltre quelli di saggio, per gli esperimenti di resistenza della ghisa, si fanno col cannone *ancora liscio*, e coi colpi seguenti:

2	colpi	con	5 chilogr.	di carica,	2	palle	di	15	chilogrammi.
20	»	»	5	»	»	2	»	15	»
20	»	»	5	»	»	1 cilindro di 30			»
20	»	»	7,500	»	»	1	»	45	»
20	»	»	9	»	»	1	»	45	»
Sino allo scoppio			9	»	»	1	»	45	»

e sono dichiarate di buon servizio le miscele che sopportano 80 colpi.

I cannoni esperimentati dal 1858 al 1860 in Francia, scoppiarono dopo i seguenti colpi:

Della fonderia di St-Gervais, in media dopo 159
» » di Ruelle » » 169

ma alcuni scoppiarono però dopo l'88°, 124° e 128° colpo.

Gli esperimenti nostri coi cannoni da cent. 16 *rigati* dimostrano perciò ad evidenza la loro superiorità su quelli francesi.

Ora dallo specchio a pagina 170 si hanno, per le medie dei saggi di questi cannoni, i seguenti risultati:

	Densità	Resistenza alla rottura per	
		Trazione	Compressione
Cannone da cent. 16 GR (allungato) N° 349	7,287	23,1	85,2
» » » » » 351	7,267	21,3	82,3

Se, per questi due cannoni di densità e tenacità inferiori alla media, si ottenne una resistenza al tiro così soddisfacente, credo si possa certamente conchiudere, che i nostri cannoni devono sotto ogni riguardo classificarsi fra i migliori.

Della densità e resistenza alla rottura dei nostri cannoni.

Se non fu possibile scoprire una relazione fra la resistenza al tiro ed i risultati delle esperienze meccaniche per le diverse miscele, si ottenne però il risultato essenziale che si voleva raggiungere, quello cioè di conoscere la resistenza media dei nostri cannoni, deducendola da esperienze abbastanza numerose ed accurate.

E da queste esperienze si riconobbe pure il fatto non meno importante che, fra i risultati delle varie miscele, non vi ha gran distacco; giacchè il cannone avente la minima resistenza non si scosta che di circa il 7 °|₀ dalla media generale di tutti i cannoni esperimentati.

Onde far risaltare maggiormente questo punto essenziale, prendendo ad esame i 26 cannoni esperimentati, abbiamo tra i risultati massimi e minimi e la media generale di tutte le miscele, il seguente confronto:

	Risultati		Media generale dei 26 cannoni	Differenza dei minimi alla media
	Massimi	Minimi		
Densità	7,319	7,217	7,267	0,050
Sforzo di rottura per trazione . chil.	27,8	21,4	24,4	3,0
» per compressione »	97,0	75,9	84,9	9,0
Durezza . . . . grado	8,75	8,38	8,50	0,12

Le piccolissime differenze esistenti fra i risultati minimi e quelli medii di tutti i cannoni, provano che, malgrado le varietà delle 12 miscele esperimentate, e le diverse specie delle 26 bocche da fuoco, aventi calibri e pesi assai dissimili tra loro (come il cannone di saggio da cent. 10, gli obici da cent. 15 ed i cannoni da cent. 24), la fabbricazione procede molto uniformemente e regolarmente, e che tutte le miscele devono considerarsi come soddisfacenti.

§ II.

Esperienze su alcuni cannoni esteri, e loro confronto con quelle sui nostri cannoni.

Per completare questo studio, ed avere un termine di confronto coi nostri cannoni, si sottoposero ad esperimenti eguali ai precedenti, quei pochi cannoni esteri che si trovavano depositati presso la fonderia di Torino, ed erano destinati a venir utilizzati nella rifondita.

Nel primo degli specchi seguenti, dedotto da quello parziale N° 12, si trovano indicati i risultati medii avutisi dai saggi di ogni cannone, e le medie eziandio per i varii cannoni appartenenti alla stessa nazione; queste medie sono ordinate secondo le tenacità crescenti.

I medesimi risultati medii, sia per le nostre miscele che per i cannoni esteri sperimentati, sono poi riepilogati nel secondo specchio, allo scopo di facilitarne il paragone.

Benchè il numero dei cannoni sottoposti ad esperimento sia in realtà troppo ristretto per trarne conseguenze assolute, pure, per i necessarii confronti, ammetteremo che essi rappresentino le qualità medie dei cannoni esteri.

ESPERIENZE SU BOCCHE DA FUOCO DI GHISA ESTERE — Risultati medii per caduna bocca da fuoco e per caduna provenienza.

(Senza distinzione del punto di prelevamento dei saggi).

INDICAZIONE DELLE BOCCHE DA FUOCO		MEDIE PER CANNONE						MEDIE PER PROVENIENZA				
Specie, calibro e provenienza	N° di matricola	Fonderia	Quantità di saggi esperimentati	Densità	Sforzo di rottura per Trazione	Sforzo di rottura per Compressione	Durezza	Quantità di saggi esperimentati	Densità	Sforzo di rottura per Trazione	Sforzo di rottura per Compressione	Durezza
Francesi												
Cannoni da cent. 13 G. L.	5300	Ruelle	3	7,199	15,9	54,8	7,78	7	7,130	14,8	60,4	7,56
Id.	5406	Ruelle	2	7,129	15,0	56,7	7,17					
Id.	5098	Ruelle	1	7,118	15,6	72,0	7,55					
Id.	5003	Ruelle	1	7,151	12,8	59,0	7,75					
Inglesi												
Cannone da cent. 15 G. L.	4490	Carron	1	7,149	14,8	62,5	7,90	5	7,136	15,7	61,8	7,93
Id.	4580	Carron	4	7,193	16,9	61,0	7,97					
Svedesi												
Obice da cent. 19 G. L.	4119	Staffsjö	4	7,377	18,0	77,4	8,44	7	7,303	19,8	76,1	8,33
Cannone » 16 G. R.	4066	Aker	1	7,248	19,2	74,0	8,30					
Id.	4099	Aker	2	7,283	21,5	77,0	8,95					
Russo												
Cannone da cent. 18 G. L.	—	Ignota	2	7,230	20,0	77,5	9,50	2	7,230	20,0	77,5	8,50
Austriache												
Obice da cent. 15 G. L.	3	Vienna	4	7,231	23,3	87,1	9,78	8	7,200	21,7	79,9	9,74
Cannone » 19 G. L.	160	Mariazell	4	7,170	20,1	72,3	8,70					

Prendiamo ad esame questi ultimi specchi, non che quello inserto a pag. 170, contenente i risultati parziali ottenutisi dai singoli cannoni delle nostre miscele, e procuriamo di dedurne conseguenze utili allo studio comparativo delle varie qualità di ghisa da cannoni.

Cannoni francesi. — I cannoni di ghisa francesi, od almeno i quattro esperimentati, fusi a Ruelle, si dimostrano quasi uguali fra loro; per tenacità, densità, e durezza sono alquanto inferiori ai cannoni inglesi, molto inferiori a tutti gli altri, e persino alla nostra ghisa in pani di 1ª fusione, superando essi soltanto la ghisa in pani Gartschery del N° 1. Dall'esame fatto (pag. 160) della rottura dei pani di ghisa di 1ª fusione impiegata alla fonderia di Ruelle, si poteva già arguire che questa ghisa non era atta a produrre cannoni resistenti, ed i risultati ottenuti confermano ora tali osservazioni. Colle diverse miscele impiegate, e coll'aggiunta di ghisa di 2ª fusione nei caricamenti dei forni, ne furono bensì migliorate le proprietà; tuttavia dall'esame della rottura di una sbarra ricavata da un cannone di Ruelle (Figura 10, Tav. XXIª), in paragone della ghisa d'altri cannoni rappresentati nella stessa Tavola, si scorge che la ghisa di Ruelle risulta troppo ricca in grafite, di grana grossa e poco compatta, di color bigio nerastro, insomma di qualità molto inferiore alle altre.

Cannoni inglesi. — I due cannoni inglesi della fonderia di Carron, quantunque alquanto migliori di quelli di Ruelle, sono tuttavia molto inferiori agli altri, e persino alla nostra ghisa in pani di 1ª fusione. Dalla rottura d'uno di essi (Fig. 4ª, Tav. XXIª), questa ghisa potrebbe classificarsi come intermedia fra la ghisa di 1ª fusione di Allione 1ª classe e quella di Bondione (Fig. 1ª e 4ª, Tav. XXª).

Cannoni svedesi. — I risultati medii dei tre cannoni svedesi esperimentati (uno della fonderia di Staffsjö, due di quella di Aker) offrono una particolarità da osservarsi; giacchè, mentre la densità media di 7,300 è molto elevata e superiore alla media delle nostre miscele, la tenacità è solo di chilogr. 19,6, inferiore cioè alla tenacità media di tutti i 26 cannoni nostri, che è di chilogr. 24,4. Riesce poi ancora più sensibile questo fatto, se osserviamo i risultati individuali per ogni

cannone; poichè, mentre si trova pel cannone Staffsjö N° 4112, una densità di 7,377, una tenacità di chilogr. 18,0 ed una durezza di 8,44, si ha poi per quello di Aker N° 4086, una densità di 7,283, una tenacità di chilog. 21,5 ed una durezza di 8,25; cioè, ad una densità più elevata nel primo cannone, corrisponde una tenacità inferiore.

Questo risultato viene in appoggio di quanto si era rilevato antecedentemente, che cioè la proporzionalità stabilita da alcuni fra la densità e la tenacità presenta molte eccezioni.

Paragonati coi cannoni delle nostre miscele, i cannoni svedesi esperimentati si dimostrano inferiori ad essi in tenacità, e prossimamente uguali al cannone di saggio gettato con sola ghisa di Allione.

Nella rottura del cannone N° 4112 di Staffsjö (Fig. 5ª, Tav. XXIª), la grana appare alquanto grossa, la sezione è poco schiantata, e la ghisa è gocciolata; il suo color grigio è più chiaro che in tutte le rotture rappresentate nella Tav. XXIª, ed è forse perchè appartiene ad una classe troppo elevata che la sua tenacità è scemata.

La rottura del cannone di Aker è di colore alquanto meno chiaro di quella del cannone di Staffsjö; differisce però ancora dal colore della ghisa di tutti gli altri cannoni, che è più scuro.

Cannoni russi. — Si esperimentò un solo cannone, che risultò, per tenacità, inferiore al cannone gettato con sola ghisa di Allione, ed uguale ad esso in densità. L'apparenza della rottura di questo cannone (Tav. XXIª, Fig. 8ª) dà una grana alquanto fina, schiantata e di un color più scuro di quella dei cannoni svedesi, ma meno di quella dei nostri.

Cannoni austriaci. — Dei due cannoni austriaci esperimentati, quello della fonderia di Mariazell risultò assai inferiore a quello della fonderia di Vienna in tenacità e densità, ed inferiore pure al cannone di saggio di sola ghisa di Allione; il cannone di Vienna è superiore a quest'ultimo per tenacità, ed uguale per densità.

La media dei due cannoni si può uguagliare a quella del cannone di saggio di solo Allione, ma è inferiore a quella di tutte le nostre miscele.

La rottura del cannone di Mariazell (Fig. 7ª, Tav. XXIª) presenta

una grana ed un colore quasi uguali a quella del cannone svedese di Aker.

Conclusioni sui cannoni delle nostre miscele.

L'esame dei risultati ottenuti nelle esperienze di trazione e compressione direttamente alla rottura, dimostra che, comparativamente almeno ai pochi cannoni esteri esperimentati con prove meccaniche, i nostri cannoni sono assai superiori in tenacità, indipendentemente dalle varie miscele, le quali danno risultati assai simili fra loro e molto soddisfacenti.

Come ultimo termine di confronto per la nostra ghisa, riferisco qui le resistenze medie di alcuni metalli esperimentati pure direttamente alla rottura.

Resistenza media alla trazione per sforzi diretti alla rottura.

Metalli.

	Chilogrammi per mill. quad.
Cannoni di bronzo gettati in forme di terra (Torino)	22,0
Cannoni di ghisa (Torino)	24,4
Cannoni di bronzo gettati in pretella (Torino)	33,2
Acciaio di un cannone Krupp	65,0
Acciaio di un cannone Krupp (temprato nell'olio)	97,4

Da questo confronto risulta che la nostra ghisa è anche superiore in tenacità media al bronzo da cannone gettato in forma di terra. Ciò non significa che i cannoni di ghisa possano reggere a tensioni superiori, giacchè devesi tener conto dell'effetto esplosivo delle polveri, che produce sforzi di natura molto diversa di quelli esercitati nelle esperienze; influiscon poi sulla resistenza dei cannoni i colpi ripetuti cui debbon sottostare, e la loro diversa potenza elastica; di questa parleremo appunto al titolo seguente.

Ho voluto far rilevare questa maggior tenacità della nostra ghisa

da cannoni rispetto al bronzo, giacchè da molti non è ammessa, ed in molte applicazioni è pure utile tener conto di questo fatto.

Conchiudo finalmente, circa la tenacità della nostra ghisa, che se per qualche circostanza non fosse possibile di aver cannoni fuori servizio per comporre le nostre miscele, composizione sempre conveniente (non tanto sotto l'aspetto economico, come pel vantaggio che risulta dalla mescolanza di molte varietà di buona ghisa ottenute da minerali differenti), potremo però sempre fondere cannoni di ottimo servizio, adoperando la miscela del cannone N° 973, composta di $^3/_4$ di ghisa di Allione ed $^1/_4$ di ghisa di 2ª fusione in materozze e canali, e renderci così affatto indipendenti dall'estero per le provviste della ghisa.

Titolo IV.

ESPERIENZE SULL'ELASTICITÀ E TENACITÀ PER SFORZI SUCCESSIVI DI TRAZIONE DE' CANNONI DI GHISA

Forme, dimensioni, e prelevamento dei saggi. — La poca dultilità della ghisa, specialmente se di qualità dura da cannoni, rende assai difficile la determinazione del limite d'elasticità; gli allungamenti di questo metallo essendo molto piccoli, anche sotto sforzi di qualche entità, riesce assai delicata l'operzione di misurarli, e difficile per conseguenza il precisare il momento in cui viene a manifestarsi un primo allungamento permanente, allungamento che segna il limite d'elasticità.

Per ottenere una sufficiente approssimazione, i saggi devono avere una gran lunghezza, ed esser ricavati dalla massa stessa dei cannoni, onde evitare il grave errore in cui incorsero altri sperimentatori, che operavano su saggi geltali appositamente.

Il numero degli esperimenti eseguiti fu assai limitato, essendo la costruzione de' saggi assai lunga e costosa; ciò nondimeno, scopo di di queste esperienze essendo di trovare, non le leggi dell'elasticità per caduna miscela, ma sibbene il limite d'elasticità approssimato a quello medio de' nostri cannoni, credo che il numero dei saggi esperimentati sia stato sufficiente.

Si scelsero perciò i tre cannoni seguenti che, dalle esperienze già fatte, erano riconosciuti di qualità prossima alla media dei nostri cannoni, e che essendo d'altra parte di calibri assai diversi tra loro, potevano fornire il mezzo di confrontare l'influenza della massa sui risultati, paragonando i risultati medii per cannone.

I risultati forniti da questi cannoni nelle esperienze di trazione direttamente alla rottura furono i seguenti:

		Cannone da cent. 12 N° 814 Miscela 37	Obice da cent. 15 N° 685 Miscela 31	Cannone da cent. 24 N° 1025 Miscela 27	Media generale
Densità		7,300	7,285	7,218	7,267
Resistenza alla rottura	*Trazione* . chil.	25,1	23,0	22,4	23,5
	Compressione »	91,3	84,6	75,4	83,7
Durezza		8,42	8,65	—	—

I saggi furono preparati nel modo seguente:

Dalla massa di ogni cannone si estrassero varii saggi parallelamente all'asse, con lavoro di pialla e tornio.

I saggi furono divisi in 4 serie di forme e dimensioni diverse:

1° Saggi della lunghezza di 1 metro, della sezione cilindrica di 750 mill. quad., e della forma Fig. 8ª, Tav. IIª.

2° Saggi della lunghezza di 200 mill., e di uguale sezione e forma.

3° Saggi di zero mill. di lunghezza, con sezione pure di 750 mill. quad. della forma Fig. 7ª, Tav. IIª.

4° Saggi di 30 mill. di lunghezza, e con sezione di 250 mill. quad. della forma Fig. 5ª, Tav. IIª.

Colle due prime serie di saggi, differenti tra loro soltanto nella lunghezza, si voleva riconoscere l'influenza di questa sui risultati delle esperienze per sforzi successivi sino alla rottura, e confrontare il loro sforzo di rottura con quella dei saggi della 3ª serie, esperimentati direttamente alla rottura.

Finalmente colla 4ª serie, esperimentata pure direttamente alla rottura, si voleva rilevare se la loro diversità di forma e di sezione, in confronto dei saggi della 3ª serie, potesse anche influire sui risultati.

Gli sforzi di trazione longitudinale successivamente sino alla rottura, si esercitarono da chilogramma in chilogramma per millimetro quadrato della sezione, misurando ad ogni sforzo gli allungamenti momentanei e permanenti sino alla rottura. Per le esperienze di trazione direttamente alla rottura, si esercitarono sforzi gradatamente crescenti sinchè questa avvenisse.

Nello specchietto seguente si hanno le specie, le lunghezze e le sezioni dei varii saggi esperimentati per cannone.

	CANNONI		
	N° 814	N° 683	N° 1025
Saggi di lunghezza $l = 1000^{mill.}$ Sezione $s. = 750^{mill. quad.}$	5	4	3
» $l = 200$ » » $s. = 750$ »	—	—	3
» $l = 0$ » » $s. = 750$ »	2	2	3
» $l = 30$ » » $s. = 250$ »	2	2	3
N°	9	8	12

Riguardo ai saggi ricavati dal cannone da cent. 24, N° 1025, si ebbe ancora l'avvertenza di prelevarli parallelamente all'asse, ma a differenti distanze dall'asse della bocca da fuoco; si distinsero colla lettera E i saggi presi verso la parte esterna, colla lettera M quelli ricavati verso il centro della grossezza, e colla lettera I quelli presi nell'interno; le relative distanze dall'asse erano di mill. 245, 235 e 122; si prepararono così gli elementi per valutare l'influenza della posizione dei saggi rispetto all'asse, questione che sarà discussa in appresso.

Determinazione del coefficiente medio di elasticità. — Nello specchio parziale N° 13, si hanno i risultati per ogni saggio, ed in quello riassuntivo seguente i risultati medii per ogni forma di saggi e per cannone, più, la media generale per ogni forma di saggi dei tre cannoni presi insieme.

RISULTATI MEDII delle esperienze di trazione per sforzi successivi su saggi ricavati da cannoni di ghisa delle nostre miscele.

SFORZO IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	Cannone da cent. 12 G. R. N° 814 (miscela N° 37)				Obice da cent. 15 G. L. N° 685 (miscela N° 31)				Tronco da cent. 21 N° 1025 (miscela N. 27)						Medie totali			
	Elasticità $l=1000$ $s=750$		Rottura $l=30$ $s=250$	Rottura $l=0$ $s=750$	Elasticità $l=1000$ $s=750$		Rottura $l=30$ $s=250$	Rottura $l=0$ $s=750$	Elasticità $l=1000$ $s=750$		Elasticità $l=200$ $s=750$		Rottura $l=30$ $s=250$	Rottura $l=0$ $s=750$	Elasticità $l=1000$ $s=750$		Rottura $l=30$ $s=750$	Rottura $l=0$ $s=750$
	469, 471, 472, 473, 474		437, 438	461, 464	435, 437, 439, 440		439, 440	463, 464	135, 250, 261		264, 265, 266		107, 108, 269	236, 259, 262	10 saggi lunghi		7 saggi	7 saggi
	Mom.	Perm.			Mom.	Perm.			Mom.	Perm.	Mom.	Perm.			Mom.	Perm.		
1	0,00	—	—	—	0,00	—	—	—	0,02	—		—	—	—	0,01	—	—	—
2	0,09	—	—	—	0,10	—	—	—	0,07	—	0,03	—	—	—	0,09	—	—	—
3	0,14	—	—	—	0,16	—	—	—	0,16	—	0,10	—	—	—	0,15	—	—	—
4	0,22	—	—	—	0,23	—	—	—	0,23	—	0,15	—	—	—	0,23	—	—	—
5	0,29	—	—	—	0,30	—	—	—	0,38	—	0,20	—	—	—	0,29	—	—	—
6	0,37	—	—	—	0,41	—	—	—	0,42	—	0,27	—	—	—	0,40	—	—	—
7	0,45	—	—	—	0,49	0,02	—	—	0,53	0,02	0,37	—	—	—	0,49	0,01	—	—
8	0,53	—	—	—	0,58	0,04	—	—	0,64	0,03	0,47	0,02	—	—	0,58	0,02	—	—
9	0,63	0,03	—	—	0,66	0,05	—	—	0,76	0,05	0,57	0,04	—	—	0,68	0,04	—	—
10	0,71	0,04	—	—	0,76	0,07	—	—	0,89	0,09	0,67	0,03	—	—	0,79	0,07	—	—
11	0,81	0,07	—	—	0,86	0,09	—	—	1,04	0,14	0,77	0,05	—	—	0,90	0,10	—	—
12	0,93	0,09	—	—	0,97	0,11	—	—	1,19	0,20	0,97	0,08	—	—	1,03	0,13	—	—
13	1,05	0,13	—	—	1,09	0,15	—	—	1,42	0,29	1,12	0,12	—	—	1,19	0,18	—	—
14	1,20	0,16	—	—	1,21	0,20	—	—	1,59	0,45	1,37	0,23	—	—	1,37	0,28	—	—
15	1,38	0,23	—	—	1,35	0,26	—	—	2,06	0,66	1,67	0,40	—	—	1,60	0,39	—	—
16	1,57	0,37	—	—	1,54	0,35	—	—	—	—	2,07	0,63	—	—	—	—	—	—
17	1,83	0,50	—	—	1,76	0,46	—	—	—	—	2,72	1,40	—	—	—	—	—	—
18	2,13	0,70	—	—	1,95	0,57	—	—	—	—	3,23	—	—	—	—	—	—	—
19	2,49	0,93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	2,93	1,37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sforzo di rottura . . . . . . chilogr.	22,0		23,9	24,9	18,9		21,3	23,6	10,7		20,0		21,1	91,1	19,9		23,4	23,0
Allungamento alla rottura . . milles.	3,73		—	—	9,42		—	—	5,45		5,18		—	—	3,87		—	—
Sforzo al limite d'elasticità . . chilogr.	8,00		—	—	6,00		—	—	6,66		9,00		—	—	6,89		—	—
Allungamento corrispondente . millès.	0,53		—	—	0,41		—	—	0,49		0,67		—	—	0,48		—	—
Coefficiente d'elasticità	15035		—	—	14631		—	—	13592		13433		—	—	14354		—	—
Densità	7,305		7,281	7,271	7,300		7,290	7,272	7,229		7,016		7,247	7,225	7,278		7,263	7,256

Questi risultati ci conducono alle seguenti considerazioni:

I coefficienti medii di elasticità dei tre cannoni sono alquanto diversi, e nell'ordine stesso delle loro densità medie.

Infatti si ha il confronto qui sotto indicato:

	DENSITÀ	E
Media di 5 saggi di 1 metro del cannone N° 814	7,305	15095
» 4 » dell'obice » 685	7,300	14634
» 3 » del cannone » 1025	7,229	13592
» 3 di 200 mill. » »	7,216	13433

Si vede altresì, che le densità sono pressochè in ragione inversa dei diametri dei cannoni; le differenze però sono assai piccole, ed esaminando i risultati parziali dei singoli saggi, conchiudo non doversene tener conto.

Gli ultimi allungamenti proporzionali sono maggiori pei saggi lunghi del cannone da cent. 24, vanno scemando pei saggi corti dello stesso cannone, quindi per quelli del cannono da cent. 12, e sono minori per l'obice da cent. 15. Gli allungamenti alla rottura sono nello stesso ordine; riescono però molto maggiori pel cannone da cent. 24, il quale ha altresì minore densità.

Infatti si ha:

	Allungamento alla rottura	Densità
	millesimi	
Saggi di 1 metro di lunghezza del cannone da cent. 24 N° 1025	5,45	7,229
» di 200 mill. » » » 24 » 1025	5,18	7,216
» di 1 metro » » » 12 » 814	3,73	7,305
» » dell'obice » 15 » 685	2,42	7,300

Si può quindi conchiudere a questo riguardo, che la ghisa del cannone da cent. 24 è più dolce delle altre, e che gli allungamenti sono per conseguenza dipendenti dalla densità, e crescono col diminuire di questa.

Per stabilire il coefficiente medio dell'elasticità dei tre cannoni che fornirono i saggi esperimentati, credo dover soltanto considerare i 12 saggi della lunghezza di 1 metro; così, lo sforzo al limite d'elasticità essendo di chilog. 6,89, e l'allungamento momentaneo corrispondente milles. 0,48, il coefficiente d'elasticità cercato sarà:

$$E = \frac{6890}{0,48} = 14354.$$

Da queste esperienze risulta come, nella ghisa, al di là del piccolo sforzo di chilog. 6,89, si oltrepassi già il limite d'elasticità; ed è questo un dato essenziale da tenersi in conto nei calcoli relativi ai tracciati delle bocche da fuoco.

Resistenza della ghisa alla rottura per sforzi successivi di trazione. — Ricavando dallo specchio riassuntivo delle esperienze sull'elasticità (pag. 186) le resistenze medie alla rottura, pei saggi lunghi sottoposti a sforzi momentanei e successivi, per quelli più corti che sopportarono sforzi direttamente alla rottura, e per ogni cannone, avremo:

INDICAZIONI SUL GENERE DI SFORZO E DEI SAGGI	RESISTENZA ALLA ROTTURA			
	Cannone N° 814	Obice N° 683	Cannone N° 1823	Media generale
Per trazione diretta	chil.	chil.	chil.	
Saggi di lunghezza zero, sezione 750 mill. q. . . .	24,9	25,6	21,1	23,7
» mill. 30 » 250 » . . .	23,9	24,3	22,1	
Per trazione successiva				
Saggi della lunghezza di 1 metro, sez. 750 mill. q.	21,0	18,9	20,0	19,9
» 0,20 » » 750 »	—	—	19,7	
Densità media di tutti i saggi per cannone	7,286	7,306	7,277	7,288

La tenacità media corrispondente alla trazione diretta essendo quindi chilog. 23,7 e quella corrispondente alla trazione successiva di soli chilogrammi 19,9, si ha, per quest'ultimo modo di esperimento, una perdita di chilog. 3,8, ossia del 16 °|₀. Questa perdita deve attribuirsi in

gran parte agli effetti degli sforzi successivi, che probabilmente hanno per così dire *snervata* la ghisa.

È da notarsi il fatto della perdita di tenacità col crescer della densità; e parrebbe perciò che, quantunque la ghisa più dura sia più elastica, la sua resistenza alla rottura sotto l'azione di sforzi ripetuti sia minore.

Nel considerare la tenacità dei cannoni di ghisa, devesi perciò tener gran conto di questo risultato, e forse se ne potrebbe conchiudere che il vero coefficiente di resistenza alla rottura, da prendersi in considerazione nelle applicazioni, sia quello relativo alle esperienze per sforzi successivi. Siccome però queste sono assai difficili e costose, son di parere che, in pratica, basti fare una riduzione sulle cifre delle tenacità medie ricavate per sforzi diretti alla rottura, nel qual caso, parmi sufficientemente approssimata la riduzione del 16 p. °|₀, corrispondente alla perdita media constatata nelle esperienze suesposte; in tal modo, il coefficiente medio di resistenza alla rottura della ghisa dei nostri cannoni, ricavato da N° 86 saggi appartenenti a 26 cannoni diversi (specchio pag. 170), invece di essere di chilog. 24,4, sarebbe solo di chilog. 20,6.

Confrontando la resistenza media dei nostri cannoni di ghisa alla rottura, per trazione con sforzi successivi, con quella pur media dei cannoni di bronzo esperimentati nelle stesse condizioni, si hanno i seguenti dati:

	TENACITÀ	
	per sforzi diretti	per sforzi successivi
	chil.	chil.
Ghisa da cannone delle nostre miscele	24,4	20,6
Bronzo gettato in terra	22,0	17,8
» » in pretella	33,2	27,8

Tenendo adunque per base i risultati medii, si vede che la resistenza della ghisa alla rottura supera in modo evidente quella del bronzo gettato in forme di terra.

Confronto dell'elasticità della ghisa con quella di altri metalli, e conclusioni. — Nello specchio seguente, sono indicati gli allungamenti e gli sforzi corrispondenti ai limiti di elasticità, dei metalli esperimentati:

Confronto dell'elasticità di varii metalli.

METALLI	Al limite di elasticità		Coefficiente di elasticità
	Sforzo	Allungamento	
	chilogr.	millesimi	
Ghisa da cannone delle nostre miscele	6,89	0,48	14354
Bronzo gettato in terra, valori medii	8,83	0,87	10150
» in pretella	10,77	0,93	11600
Cerchi di ferro a grana (Petin-Gaudet)	20,0	1,00	20000
» acciaioso »	24,4	1,167	20934
Cerchi di acciaio Krupp, allo stato naturale	26,0	1,32	19700
» temprati nell'olio	29,0	1,40	20714
Acciaio di un cannone Krupp	20,75	0,99	20960

Si scorge da questi dati, che la ghisa ha bensì un coefficiente di elasticità superiore a quello del bronzo; però i cannoni di ghisa debbono essere meno atti a resistere al tiro, poichè lo sforzo al limite di elasticità vi si manifesta sotto tensioni di $^1/_4$ inferiori a quelle che i cannoni di bronzo possono sopportare, senza che avvengano ingrandimenti di calibro.

Questi risultati essenziali possono servire di utile insegnamento nei calcoli relativi alle bocche da fuoco.

Titolo V.

INFLUENZA DELLA DISTANZA DEI SAGGI DALL'ASSE DELLA BOCCA DA FUOCO

Ho già accennato, nel presente capitolo, all'influenza che esercita sui risultati delle esperienze, il punto di prelevamento dei saggi. — Perchè esperienze destinate a determinare con giusto criterio questo punto di prelevamento fossero complete, converrebbe estrarre i saggi da ciascuna bocca da fuoco, non solo a varie distanze dall'asse, ma eziandio a diverse altezze riguardo al getto. — Quelle da noi eseguite, si limitarono invece alla prima di queste operazioni. Senza quindi voler indicare norme sicure e precise intorno a tale questione, potremo però dimostrarne in modo abbastanza evidente l'importanza, mediante un accurato paragone fra alcuni dei risultati ottenuti.

Consideriamo infatti le varie bocche da fuoco di diametri pressochè uguali tra loro, da ciascuna delle quali si estrassero quattro saggi, i due primi alla distanza di 60 millim., gli altri due a quella di 160 millimetri dall'asse, e parallelamente all'asse. Questi saggi furono contraddistinti rispettivamente colle lettere I ed E. Le esperienze fatte, i cui risultati son consegnati nello specchio parziale N° 12, ci danno le medie seguenti:

ESPERIMENTI SU SAGGI ESTRATTI DA CANNONI DI GHISA. — Influenza della distanza del saggio dall'asse del cannone.

INDICAZIONE SULLA BOCCA DA FUOCO				POSIZIONE DEI SAGGI					RISULTATI MEDII dei saggi interni ed esterni				RISULTATI MEDII Totale per cannone			
Specie e calibro	N° di fondita	Fonderia o provenienza	N° della miscela	Sito ove fu preso	Diametro del getto	Distanza del centro dal getto	Interni od esterni	N° d'ordine del saggio	Densità	Sforzo di rottura per Trazione	Sforzo di rottura per Compressione	Durezza	Densità	Sforzo di rottura per Trazione	Sforzo di rottura per Compressione	Durezza
Cannone da cent. 16 G. R.	720	Torino. . .	13	Materozza	410	100 60	E I	1 : 4 2	7,230 7,291	23,0 24,9	83,2 98,5	8,67 8,55	7,261	24,0	90,8	8,61
Cannone da cent. 16 G. R.	731	Torino. . . .	25	Materozza	—	100 60	E I	9 : 12 10 : 11	7,264 7,273	23,1 27,2	81,5 95,5	8,35 8,65	7,268	25,2	88,5	8,50
Obice da cent. 22 G. R. C.	693	Torino	27	Materozza	400	100 60	E I	17 : 20 18 : 19	7,215 7,222	20,5 25,0	81,0 81,0	8,77 8,72	7,218	22,8	81,0	8,74
Obice da cent. 22 G. R. C.	536	Torino. . .	31	Materozza	400	100 60	E I	25 : 28 26 : 27	7,267 7,321	21,3 22,1	81,0 82,5	8,55 8,70	7,294	21,7	81,7	8,62
Cannone da cent. 18 G. R.	694	Torino . . .	37	Materozza	410	100 60	E I	33 : 36 34 : 35	7,299 7,338	25,0 27,4	90,0 104,0	8,60 8,47	7,318	26,2	97,0	8,53
Cannone da cent. 16 G. R.	821	Torino. . . .	39	Materozza	410	100 60	E I	49 : 52 50 : 51	7,283 7,292	21,0 26,4	82,0 90,7	8,37 8,50	7,288	23,7	86,3	8,44
Cannone da cent. 18 G. R.	1009	Torino. . . .	41	Materozza	410	100 60	E I	97 : 100 98 . 99	7,247 7,262	21,8 22,3	78,5 83,2	8,47 8,35	7,254	22,1	80,9	8,41
Obice da cent. 15 G L. svedese	4112	Staffsjö. . .	—	Culatta. . . .	415	168 132	E I	117 : 120 118 : 119	7,379 7,370	17,8 18,2	75,8 79,0	8,52 8,62	7,378	18,0	77,4	8,57
Obice da cent. 22 G. L. napoletano . .	4829	Napoli. . . .	—	Volata. . . .	468	195 140	E I	121 : 124 122 : 123	7,224 7,208	20,2 18,0	77,5 75,8	8,57 8,70	7,216	19,6	76,6	8,63
Cannone da cent. 15 G. L. inglese . . .	4589	Carron. .	—	Volata	420	172 117	E I	125 : 128 126 : 127	7,152 7,035	16,5 16,3	60,0 62,0	7,95 8,00	7,123	16,4	61,0	7,98
Cannone da cent. 12 G. austriaco . . .	100	Mariazell. .	—	Culatta. . . .	342	130 80	E I	133 : 136 134 : 135	7,255 7,207	23,7 23,0	88,5 86,5	8,80 8,75	7,231	23,4	87,5	8,77

Dai risultati contenuti nello specchio risulta, che in tutte le bocche da fuoco della Fonderia di Torino, la densità e la resistenza alla rottura per trazione e per compressione, sono maggiori pei saggi *interni* che per gli *esterni*.

Nei quattro cannoni esteri invece, le densità dei saggi *esterni* sono maggiori di quelle degli *interni;* in tre di questi cannoni, la tenacità dei saggi esterni è maggiore di quella degli interni, mentre per la resistenza alla compressione e per la durezza, non si trova alcuna legge.

Tali differenze sono assai sensibili, poichè, ad esempio, nei nostri cannoni, la variazione di densità e di resistenza fra le medie dei saggi interni ed esterni, sono:

		VARIAZIONI	
		Massime	Minime
Densità		0,61	0,07
Sforzo di rottura	Trazione . . . . . Chil.	5,4	0,05
	Compressione . . . . . »	15,3	0,

Ciò va quindi tenuto a calcolo, giacchè dal scegliere i saggi alla distanza di 60 o 160 mill. dall'asse, la tenacità può variare perfino di chil. 5, 4, cioè prossimamente del 20 °|₀.

Possiamo avere altre prove di questo fatto.

Nelle esperienze per l'elasticità alla trazione, abbiam veduto che dal cannone N° 1025 si erano ricavati e distinti i saggi in interni, medii ed esterni, e che questi si eran presi rispettivamente alle distanze dall'asse di mill. 122, 235, 245. Ricavando dallo specchio parziale N° 13 le tenacità e le densità dei saggi per ogni posizione, abbiamo lo specchietto seguente:

Risultati dei saggi del cannone da cent. 24, N° 1025, miscela N° 27.

INDICAZIONI SUI SAGGI	Tenacità dei saggi			Densità dei saggi		
	Interni I	Medii M	Esterni E	Interni I	Medii M	Esterni E
Per trazione con sforzi successivi.						
Saggi lunghi 1 metro, sezione 750 mill. q.	15,6	23	20,4	7,224	7,234	7,228
Medie di 3 saggi, di 0,200 di lunghezza »	—	20	—	—	7,216	—
Per trazione diretta alla rottura.						
Saggi di lunghezza zero, sezione 750 mill. q.	19,0	23,1	21,2	7,207	7,237	7,207
» 30 mill. » 250 »	—	23,4	—	—	7,263	—
Media generale	17,3	22,4	20,8	7,216	7,237	7,218

Si vede da questo che, contrariamente a quanto si poteva credere, le densità e le tenacità sono sensibilmente maggiori nei saggi di mezzo; quindi vengono i saggi esterni, ed in ultimo gl'interni.

Dallo stesso cannone da cent. 24, N° 1025, si ricavarono alle stesse distanze, e per caduna di esse, altri due saggi per esperienze di compressione, e si ebbero i seguenti risultati medii, ricavati dallo specchio parziale N° 12:

Risultati medii dei saggi del cannone da cent. 24, N° 1025, miscela N° 27.

	Sforzo di rottura per compressione	Densità
	chil.	
Media dei due saggi interni	75,7	7,213
» medii	76,0	7,214
» esterni	75,4	7,218

i quali risultati riuscirono precisamente concordi coi precedenti, salvo per la densità dei saggi medii.

Finalmente, da un altro cannone da cent. 24, N° 913, miscela N° 31, si ricavarono altri 12 saggi, 6 per esperimenti di trazione direttamente alla rottura, e 6 per compressione; essi furon distinti due a due per posizione in interni, medii ed esterni, corrispondentemente alle distanze (identiche a quelle del cannone N° 1025) di mill. 122, 235, 245.

Dallo specchio parziale N° 12 si ricava, per questo cannone, lo specchietto riassuntivo seguente:

Cannone da cent. 24, N° 913, miscela N° 31.

	ESPERIENZE ALLA ROTTURA			
	Per trazione		Per compressione	
	Sforzo di rottura	Densità	Sforzo di rottura	Densità
	chil.		chil.	
Medie dei due saggi interni I.	18,8	7,198	74,2	7,253
» medii M.	23,5	7,303	75,0	7,296
» esterni E	22,2	7,269	55,5	7,143
Medie generali . . .	21,5	7,257	68,2	7,231

risultati che confermano vieppiù la legge sopra enunciata.

Dal complesso di queste tre esperienze sui cannoni da cent. 24, si hanno due deduzioni importanti:

1° Che il getto a nocciolo con raffreddamento interno, praticato per i cannoni di grosso calibro a retrocarica, non realizza tutto il vantaggio che si supponeva, poichè la densità e la tenacità degli strati interni riesce sempre inferiore a quella degli strati esterni, e la zona di maggior tenacità trovasi più vicina all'esterno che all'interno.

2° Che nel prelevamento dei saggi per le esperienze meccaniche, il punto prescelto influisce notevolmente sui risultati, e per esperienze comparative precise, tal punto deve essere determinato con cura estrema.

Titolo VI.

DELLE ESPERIENZE MECCANICHE COME MEZZO DI COLLAUDAZIONE DEI CANNONI DI GHISA

Da quanto si è riferito fin qui, intorno ai risultati delle esperienze sulla ghisa, riescono evidenti le difficoltà di poter adottare simili esperienze come sistema di collaudazione de' cannoni.

Le masse diverse dei getti per cannoni ed il diverso raffreddamento, esercitano tale influenza sulla disposizione delle molecole della ghisa, che il sito ed il modo di prelevamento dei saggi concorrono a variare i risultati delle esperienze meccaniche, più ancora che non la differenza delle miscele.

Nel prelevamento dei saggi, si è posta da noi la massima cura perchè le esperienze eseguite non fossero influenzate da queste circostanze; ma ciò non sarebbe effettuabile, quando i saggi dovessero ricavarsi dai cannoni di servizio, giacchè essi non potrebbero più esser presi nelle zone di diametro uguale, ed a distanza uguale dall'asse; le loro tenacità non corrisponderebbero quindi più alla vera media, ma potrebbero da essa differire fra limiti assai estesi.

Queste osservazioni si riferiscono ai saggi presi parallelamente all'asse.

Se, come alcuni proposero, la collaudazione dei cannoni dovesse effettuarsi con esperienze di flessione su sbarre di lunghezza invariabile e ricavate trasversalmente ai dischi tagliati al vivo della bocca, è evidente che i risultati sarebbero ancora più variabili, giacchè queste sbarre sarebbero meno dense e tenaci al centro che alle estremità, e la lunghezza essendo fissa, la sezione probabile di rottura dipenderebbe dal diametro del disco, dall'essere la sbarra ricavata verso il centro o le estremità del disco stesso, e dal collocamento nelle morse di una o dell'altra estremità della sbarra stessa.

A priori adunque sarebbero da scartarsi le esperienze su sbarre ricavate in quel modo.

Le esperienze meccaniche fatte con molta cura, sono difficili, lunghe e costose; esse debbono quindi riservarsi per gli studi e le ricerche che possono interessare la fabbricazione, e non eseguirsi sopra tutte le bocche da fuoco.

D'altronde, le relazioni fra i risultati delle esperienze meccaniche e la resistenza al tiro non essendo state finora fissate, non è ancor possibile l'indicare quali limiti dovrebbero stabilirsi.

Come mezzo di collaudazione delle provviste di ghisa, ho già posto in luce l'assoluta impossibilità di adottare il sistema delle esperienze meccaniche, poichè, le variazioni di tenacità essendo molto diverse da pane a pane, e negli stessi pani, il modo di prelevamento dei saggi renderebbe i risultati affatto arbitrari.

Conchiudo queste osservazioni col respingere eziandio risolutamente l'introduzione delle esperienze meccaniche, come sistema di collaudazione delle bocche da fuoco, mentre ne riconosco tutta l'importanza per gli studi e le ricerche sui metalli.

Secondo la mia opinione, le vere e serie guarentigie della buona fabbricazione dei cannoni di ghisa, devono consistere nell'impiego di ghisa di qualità buone ed uniformi, nella cura speciale di comporre i caricamenti con proporzioni costanti di ghisa di varie specie, suddividendola in varie classi, nell'esame delle sezioni di rottura fatto da persona pratica, e nei provvedimenti di modellamento e di fondita appropriati, e mantenuti costanti.

Le esperienze eseguite ci provano che, mediante l'osservanza di tali norme, i nostri cannoni gettati coll'eccellente ghisa di Allione, possono, per uniformità di fabbricazione e per qualità intrinseche, reggere in confronto di quelli esteri più reputati.

CAPITOLO V.

ESPERIENZE SUL BRONZO DA CANNONE E SU ALCUNE LEGHE

Titolo I.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL BRONZO DA CANNONE E METODI ESPERIMENTALI SEGUITI

Scopo essenziale di queste esperienze fu quello di ricercare la tenacità, l'elasticità, la durezza, la densità, i titoli ed altre proprietà dei cannoni di bronzo in servizio, e di riconoscere l'influenza di alcune cause ben determinate che possono modificare queste proprietà; quindi di trar partito degli insegnamenti forniti dalle esperienze stesse; per tentare di migliorare le qualità del bronzo da cannone, adoperando, ove d'uopo, nuovi procedimenti di fabbricazione.

Sussidiariamente, si eseguirono pure esperienze sopra alcune leghe preparate colla fondita in crogiuolo; e di queste si riferirà nei titoli v e vi del presente capitolo.

§ I.

Del Bronzo.

Perchè dalle prove meccaniche sul bronzo si possano dedurre precise conseguenze, e non s'abbiano a temere inesattezze o risultati contraddittorii, tali prove debbon andare informate a certi criterii determinati, dipendenti qui, come nelle esperienze precedentemente esposte, dalla natura e dalle specialità del metallo esperimentato.

Queste osservazioni preliminari hanno per iscopo di prevenire obbiezioni che potrebbero farsi ad alcuni fra i risultati ottenuti, perchè non sempre concordanti tra loro; di spiegare come tali discordanze debbano piuttosto attribuirsi alla natura stessa del metallo esperimentato, il quale è poco omogeneo e di difficile analisi; ed infine di far rilevare che se si sono previste le difficoltà, si è cercato almeno di eliminare per quanto possibile gli errori provenienti da un difettoso prelevamento dei saggi.

Titolo II.

ESPERIENZE SOPRA SAGGI RICAVATI DA CANNONI DI BRONZO DI FABBRICAZIONE ORDINARIA

§ I.

Esperienze preliminari. — Generalità.

Scelta dei cannoni da esperimentarsi, numero e specie dei saggi. — I cannoni di bronzo ora esistenti appartengono a diverse epoche e vennero fabbricati con diversi sistemi.

I più antichi di essi erano fusi in forni a cupola senza cammino, impiegando la legna come combustibile, mentre i più moderni e gli attuali, lo sono in forni a riverbero e con litantrace.

Molti, oggigiorno ancora, attribuiscono una grande superiorità al primo di questi sistemi di fusione, giacchè credono che il litantrace impiegato nei forni a riverbero ordinarii, agisca in modo nocivo in causa dello zolfo in esso contenuto, e che il gran tiraggio dovuto all'alto cammino dei forni stessi faciliti l'ossidazione dei metalli componenti il bronzo; cosicchè respingono il vantaggio economico del minor costo di combustibile e della breve durata della fondita nei forni a riverbero, e preferiscono le fondite nei forni a legna, le cui durate qualche volta raggiungono 36 ore. Alcuni credono eziandio che sia andata peggiorando la fabbricazione, e che i vecchi fonditori avessero cognizioni e pratiche ora sconosciute.

D'altra parte, gli antichi cannoni erano gettati in forme di terra *interrate* per rallentare il raffreddamento; i moderni invece si gettano in forme pure di terra, ma *non interrate*.

Oltre a queste circostanze che influiscono certamente sulle proprietà del bronzo, vi ha pure influenza la maggiore o minor mole del getto.

Ora, trattandosi di determinare le proprietà fisiche del bronzo, era importante di tener conto di tutte queste considerazioni; perciò i

saggi da esperimentarsi vennero estratti da cannoni che si divisero in tre *gruppi*, a seconda delle diverse condizioni della loro fabbricazione:

1° Cannoni di *gran calibro* fusi nei forni a legna, e gettati in forme di terra *interrate*.

2° Cannoni egualmente di *gran calibro* e fusi pure nei forni alla legna, ma gettati in forme di terra *non interrate*.

3° Cannoni di *piccolo calibro* fusi al forno a riverbero attuale, e gettati in forme di terra *non interrate*.

Mediante una tal divisione, si ebbe il vantaggio di poter ricavare le medie dei risultati per ogni gruppo, e di aver così un giusto criterio per dedurne poi una media generale.

Si eseguirono le esperienze con due serie di saggi:

La 1ª serie comprendeva N° 24 saggi *lunghi*, prelevati da 7 diverse artiglierie (1).

La 2ª serie era composta di N° 38 saggi *corti*, estratti da 13 bocche da fuoco (1).

Si ebbe poi l'avvertenza di estrarre saggi corti da tutte le artiglierie da cui si erano tolti i saggi lunghi, per avere un paragone della loro tenacità secondo il genere di esperimento.

Per cadun saggio, si trovano agli specchi N° 14 e 15 le corrispondenti analisi parziali, le densità, il calcolo dei vani per °|₀, il grado di durezza, ecc., non che il loro N° d'ordine, le marche e la parte del cannone da cui furono ricavati.

Abbiamo adunque da considerare in totale i risultati relativi a N° 62 saggi appartenenti a 13 artiglierie.

Esaminiamo ora questi risultati sotto i loro diversi aspetti, per dedurne alcune conseguenze preliminari.

Confronto della tenacità ricavata con sforzi successivi o diretti.

Le esperienze sulla resistenza alla rottura essendo state eseguite con sforzi di trazione sia successivamente, che direttamente sino alla

(1) V. pag. 207 per le dimensioni ed il modo di esperimentazione di questi saggi.

rottura, facciamo il confronto dei risultati finali dei due diversi metodi seguiti, per la ricerca della tenacità.

Considerando i cannoni da cui furono ricavati le due specie di saggi lunghi e corti, senza distinzione di posizione, di titolo, ecc., e riunendo le medie dei risultati ottenuti su detti saggi per cadun metodo d'esperimentazione, abbiamo lo specchietto seguente:

Paragone della resistenza media alla rottura (*Riferita alla sezione primitiva*) **con esperienze fatte direttamente e successivamente alla rottura.**

DATI RELATIVI ALLE ARTIGLIERIE	Resistenza media alla rottura	
	direttamente	successivamente
Gettate in forme di terra.	chil.	chil.
Cannone da cent. 15 Anno 1784 N° 1454	14,8	14,5
» » » 1832 » 4534	27,4	13,4
» » » 1821 » 3968	21,9	17,8
Obice da cent. 22 » 1870 » 995	18,8	20,5
Cannone da cent. 9 » 1869 » 906	27,3	26,0
» » » 1865 » 2582	21,6	17,4
Medie dedotte da N° 24 saggi lunghi e 38 corti . . .	22,0	18,3
Vedansi gli *Specchi parziali* N° 14 e 15.		

Si vede qui che, ad eccezione dell'obice da centim. 22, N° 995, la tenacità è maggiore quando si opera direttamente sino alla rottura, che non quando si agisce per sforzi successivi; l'aumento della prima rispetto alla seconda varia dal 1 °|₀ al 104 °|₀; e questo aumento in media generale, è del 12 °|₀ circa.

Questo fatto, essenziale da rilevarsi, può provenire da due cause. Esso dipende, o dallo snervamento del bronzo prodotto da sforzi successivi, o dalla forma e dalla dimensione del saggio. Pare però che quest'ultima ne debba essere la causa principale, perchè è cosa certa che il minimo difetto, in un saggio di piccola sezione, deve influire in modo da ribassarne la cifra della tenacità, più facilmente che nei saggi di una

sezione doppia; e quindi se, ciò malgrado, le medie dei saggi di piccola sezione sono superiori, devesi ritenere che le dimensioni del saggio influiscono notevolmente sui risultati degli esperimenti.

Perciò, nel riferire o paragonare le tenacità, devesi sempre distinguere, non solo il genere di esperimento a cui furono sottoposti i saggi, ma eziandio la forma di questi. La trascuranza di queste importanti avvertenze è forse una delle cagioni delle anomalie che si notano nelle cifre della tenacità del bronzo e degli altri metalli, ricavate da varii sperimentatori ed in diverse epoche.

Confronto dei saggi presi a varie distanze dall'asse dei cannoni.

Da quanto ho esposto parlando della liquazione, cioè della diversa liquidità delle leghe di vario titolo esistenti nella massa, e che in questa si distribuiscono inegualmente, si potrebbe supporre possa esistere una legge che regoli questa distribuzione dello stagno, dal centro della massa alla periferia. Si eseguirono perciò alcuni esperimenti intesi a ricercare una tal legge, sperando di poterla dedurre dai risultati delle prove meccaniche, dalle analisi, dalla misura delle densità, ecc., e paragonando tra loro saggi prelevati appositamente a distanze diverse dall'asse dei cannoni.

Negli specchi parziali N° 14 e 15 considerando le cifre date dai saggi ricavati internamente, esternamente, e nel mezzo della grossezza delle pareti dei cannoni, si ha lo specchio riassuntivo seguente:

ESPERIMENTI PER TRAZIONE LONGITUDINALE. — Confronto di risultati individuali di saggi presi all'esterno ed all'interno negli stessi tronchi di cannoni di bronzo.

INDICAZIONI RELATIVE AI CANNONI	Numero del saggio	Posizione dei saggi nel tronco	Stagno p. 100 lega	Densità apparente	Sforzo di rottura	Rapporto sezione di rottura alla primitiva	Durezza	Genere degli esperimenti alla rottura
					chil.	p °/o	grado	
Cannone da cent. 15, anno 1784 N° 1454, (volata)	152 E 153 M 151 I	Esterno . . . . Medio. . . . . Interno	13,22 13,18 13,06	8,848 8,777 8,736	17,4 13,2 16,0	94,0 96,9 96,2	5,8 5,6 5,6	Direttamente
Cannone da cent. 15, anno 1784, N° 1454 (centro)	148 E 149 M 150 I	Esterno. . . . Medio. . . . . Interno	12,98 12,74 12,50	8,814 8,743 8,850	15,0 13,8 14,7	97,4 94,3 96,6	5,7 6,0 6,0	Successivamente
Cannone da cent. 15, anno 1821, N° 3968 (culatta)	144 E 145 I	Esterno . . . . Interno	10,23 10,31	8,772 8,762	14,8 20,8	86,0 97,4	5,9 4,8	Successivamente
Cannone da cent. 15, anno 1869, N° 7693 (culatta)	146 E 147 I	Esterno . . . . Interno	10,99 10,54	8,751 8,783	15,9 14,7	92,0 87,5	4,7 4,5	Successivamente
Obice da cent. 22, anno 1670, N° 995 (centro)	159 E 158 M 157 I	Esterno . . . . Medio. . . . . Interno	9,91 9,75 9,98	8,657 8,583 8,670	16,3 13,0 27,0	84,0 99,5 86,9	3,4 3,7 3,2	Direttamente
Obice da cent. 22, anno 1670, N° 995 (centro)	155 E 154 M 156 I	Esterno . . . . Medio. . . . . Interno	9,13 9,60 9,75	8,749 8,738 8,703	22,2 25,6 13,6	74,0 95,0 73,3	4,1 3,6 4,1	Successivamente

Vedansi gli *Specchi parziali* N° 14 e 15.

Da questo specchio si rilevano i seguenti fatti:

TITOLO DELLO STAGNO. — (*La massima differenza di titolo fra i saggi d'uno stesso tronco è di* 0,63). — Nei 4 cannoni da cui si estrassero 3 saggi per caduno, uno interno, uno medio, ed uno esterno, si ha che il titolo più elevato si trova:

in due di essi, nel saggio esterno
in uno id. id. medio
in uno id. id. interno.

Nei 2 cannoni da cui si estrassero 2 saggi per caduno, il titolo più elevato trovasi nei due saggi interni.

DENSITA'. — (*La massima differenza di densità fra i saggi d'uno stesso tronco è di* 0,137). — Nei 4 cannoni da cui si estrassero 3 saggi per caduno, la densità è maggiore:

in due di essi, nel saggio esterno
in due id. id. interno.

Nei due cannoni da ciascuno dei quali si estrassero due saggi, la densità è maggiore:

in uno di essi, nel saggio interno
nell'altro id. id. esterno.

TENACITA'. — (*La massima differenza di tenacità fra i saggi d'uno stesso tronco è di chil.* 14). — Nei 4 cannoni da cui si estrassero 3 saggi per caduno, trovasi la maggior tenacità:

in due di essi, nel saggio esterno
in uno id. id. medio
in uno id. id. interno.

Nei 2 cannoni a 2 saggi:

in uno di essi, nel saggio esterno
nell'altro id. id. interno.

Durezza. — (*La massima differenza di grado di durezza fra i saggi d'uno stesso tronco è di* 1,1). — Nei 4 cannoni da cui si estrassero 3 saggi, si trova la durezza maggiore:

in due di essi, nel saggio esterno
in uno id. id. medio
in uno id. id. interno, ed uguale al medio.

Nei 2 cannoni a 2 saggi, si ha che la durezza è maggiore, per tutti e due, nei due saggi esterni.

Da questo esame risulta che è affatto casuale la distribuzione dello stagno, e che non vi è legge che la determini; e così dicasi tanto riguardo al titolo, come per la tenacità, per la densità, ecc., in cui si ravvisano grandi variazioni; fa soltanto eccezione la durezza, la quale pare alquanto maggiore all'esterno.

Confronto di saggi presi a varie distanze dalla culatta.

Lo stagno avendo la densità di 7, 29, ed il rame quella di 8, 78, si potrebbe credere che le leghe più fusibili, contenendo una maggior proporzione di stagno, ed essendo più leggiere della massa del bronzo, dovrebbero, per effetto del differente peso specifico, salire verso la volata, mentre la massa è ancora allo stato di liquidità; potrebbe anche credersi che, giunto il momento della solidificazione, le leghe ricche di stagno essendo più liquide e fusibili del bronzo, dovrebbero passare attraverso agli interstizii della massa già in parte solidificata, e scendere in culatta. Queste due ipotesi condurrebbero a credere, che la distribuzione dello stagno dovrebbe essere in maggiori proporzioni in volata ed in culatta che al centro, ove, in causa degli orecchioni e delle maniglie il raffreddamento essendo più lento, la lega ha maggior tempo d'impoverirsi di stagno, per gli effetti della liquazione.

Allo scopo appunto di verificare se lo stagno distribuivasi in proporzioni diverse nel senso della lunghezza del getto eseguito verticalmente, si divise il cannone da cent. 15, N° 1454, anno 1784 (Bianco) in 3 tronchi corrispondenti l'uno alla volata, l'altro all'altezza degli

orecchioni, il terzo alla culatta; da ognuno di questi tronchi, si estrassero 3 saggi a distanze uguali dall'asse.

Dallo specchio parziale N° 14, si ricava quello riassuntivo seguente:

ESPERIMENTI PER TRAZIONE LONGITUDINALE

Confronto dei risultati individuali di saggi presi in volata, al centro ed in culatta nel cannone da cent. 15 di bronzo N° 1434, anno 1784 (Bianco).

POSIZIONE DEL TRONCO DA CUI FURONO PRESI I SAGGI	Numero del Saggio	Posizione dei saggi nel tronco	Stagno p. 100 lega	Densità apparente	Sforzo di rottura	Rapporto della sezione di rottura alla primitiva	Durezza grado	Genere degli esperimenti
					Chil.	p. °/o		
Tronco di volata	152 E	Esterno . .	13,22	8,848	17,4	94,0	5,8	Direttamente alla rottura
	153 M	Medio . . .	13,38	8,777	13,2	96,2	5,8	
	154 I	Interno . .	13,06	8,736	16,0	96,2	5,6	
	Media dei tre saggi		13,22	8,720	15,5	95,5	5,7	
Tronco del centro	148 E	Esterno . .	12,98	8,814	15,0	97,4	5,7	Successivamente sino alla rottura
	149 M	Medio . . .	12,74	8,743	13,8	94,3	6,0	
	150 I	Interno . .	12,59	8,750	14,7	96,8	6,0	
	Media dei tre saggi		12,77	8,769	14,5	96,1	5,9	
Tronco di culatta	113 M	Medio . . .	13,22	8,865	12,0	98,4	5,8	Direttamente alla rottura
	114 M	Medio . . .	13,14	8,896	15,2	99,9	6,0	
	115 M	Medio . . .	13,22	8,876	14,8	99,2	5,8	
	Media dei tre saggi		13,20	8,877	14,8	98,8	5,87	

Esaminando la distribuzione dello stagno, si rileva ch'esso è in minor proporzione al centro, ed in quantità quasi uguale in volata ed in culatta.

Dal solo esperimento ora citato, non si può però conchiudere in modo assoluto sulla legge di distribuzione dello stagno, tanto più che le differenze di titolo sono minime.

Ricorrendo infatti all'esame di numerose analisi, relative a tronchi di artiglierie fuori servizio destinate ad essere rifuse, questo principio non è confermato, giacchè queste differenze di titolo talvolta notevoli

s'incontrano in posizioni variabilissime; quindi, neppure a questo riguardo, credo vi sia legge che regoli la distribuzione dello stagno.

Altre osservazioni sulla irregolarità di composizione del bronzo.

Dall'esame dei due specchietti sovracitati, si rilevano ancora i fatti seguenti:

1° I maggiori distacchi fra i risultati massimi e minimi ottenuti per una stessa bocca da fuoco, appartengono alle bocche da fuoco di grosso calibro. — Infatti, questi maggiori distacchi sono:

Nel *titolo*	» 0,630	(Obice da cent.	22	N° 995,	saggi corti)
Nella *densità*	» 0,384	(Id.	22	» 4535	id.)
Nella *tenacità*	» 14,00 chil.	(Id.	22	» 995	id.)
Nella *durezza*	» 1°,01	(Cannone da cent.	15	» 3968	saggi lunghi)
Nel *rapporto fra le sezioni*	di 21,7 °/o	(Obice da cent.	22	» 995	id.)

E questi distacchi, assai notevoli in una stessa bocca da fuoco, sono poi assai maggiori di quelli *speciali*, dovuti alla diversità di posizione dei saggi. — Non basterebbe quindi, per conchiudere sulle qualità d'una bocca da fuoco, il prelevarne soltanto uno o due saggi in una posizione determinata.

2° La *tenacità* non si trova in relazione diretta, nè col titolo, nè colla densità. Ed un tal fatto rimane spiegato, ove si consideri che lo stato molecolare dipende da varie e molteplici cause, le quali possono, quanto la densità ed il titolo, influire sulla tenacità e la coesione del metallo sperimentato.

3° Le *densità* non sono d'accordo coi titoli; ed anzi rilevansi a tal riguardo notevoli contraddizioni. Consideriamo, a cagion d'esempio, due saggi aventi densità pressochè uguali; vedremo come i titoli ne possano risultare assai diversi. Infatti:

Il saggio N° 153 ha per densità 8,777 e per titolo 13,38
Id. » 144 id. 8,772 id. 10,23

Così pure, a titoli eguali possono corrispondere diverse densità:

Il saggio N° 158 ha per titolo 9,75 e per densità 8,533
Id. » 156 id. 9,75 id. 8,703

Si osserva però che, in generale, la densità cresce col crescere del titolo, sebbene in diverse proporzioni; fatto questo che è contrario al calcolo delle densità, ove si piglino per base quelle degli elementi della lega. Esso si spiega però, tenendo conto dell'osservazione che, coll'aumento della proporzione dello stagno, il miscuglio dei due metalli diventa più intimo e compatto, e ne deve quindi crescere la densità, almeno fino ad un certo limite.

Conclusioni tratte dalle esperienze preliminari.

Da quanto abbiamo esposto sin qui, risulta quanto sia difficile il poter trarre, dagli esperimenti meccanici e dallo analisi sul bronzo, conseguenze generali esatte e precise. L'unico mezzo per giungere a risultati attendibili, è perciò quello di prelevare da molte bocche da fuoco un discreto numero di saggi, in identiche condizioni tra loro, tanto per posizione che per forma e dimensioni, e di operare sovr'essi in modo sempre accurato ed uguale, sia che si sottopongano a sforzi successivi e sia a sforzi diretti sino alla rottura. Tali furono le norme che, per quanto possibile, servirono sempre di base alle esperienze formanti l'oggetto della presente memoria.

§ II.

Esperienze meccaniche per trazione longitudinale.

Esperienze eseguite successivamente alla rottura. — Dallo specchio parziale N° 14, ricavando per le singole bocche da fuoco gli allungamenti permanenti e momentanei medii, non che le medie degli sforzi al limite di elasticità e quelle degli allungamenti corrispondenti, degli sforzi di rottura, delle analisi, densità, durezze, ecc., si ha lo specchio riassuntivo seguente; ed a Tav. XXIII^a si hanno, per ogni bocca da fuoco, le curve degli allungamenti medii.

RISULTATI MEDII degli esperimenti per trazione longitudinale successivamente sino alla rottura con saggi ricavati da cannoni di bronzo gettati in forme di terra.

Raffreddamento lento.

(*Allungamenti in millesimi; saggi di* 200 *millim. di lunghezza e* 500 *mill. quad. di sezione*)

SFORZI IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO DELLA SEZIONE	CANNONI DI GRAN CALIBRO										CANNONI DI PICCOLO CALIBRO			
	Fusi coi vecchi forni al carbone di legno. Forme interrate						Fusi coi forni al litantrace. Forme non interrate				Fusi coi forni al litantrace. Forme non interrate			
	Cannone da cent. 15 N° 1454 Torino 1781		Cannone da cent. 15 N° 3906 Torino 1821		Cannone da cent. 15 N° 4534 Torino 1832		Cannone da cent. 15 N° 7023 Torino 1862		Obice da cent. 22 R R N° 925 Torino 1870		Cannone da cent. 9 N° 2592 Torino 1865		Cannone da cent. 6,5 Mattei N° 906 Torino 1869	
	Media dei 3 saggi 449, 449, 450		Media dei 2 saggi 444, 441		Media dei 6 saggi		Media dei 2 saggi 446, 447		Media dei 3 saggi 401, 453, 454		Media dei 3 saggi 432, 433, 434		Media dei 4 saggi 36, 37, 38, 39	
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00	—	0,00	—	0,01	—	0,05	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—
2	0,07	—	0,15	—	0,26	—	0,15	—	0,05	—	0,07	—	0,01	—
3	0,13	—	0,27	—	0,44	—	0,20	—	0,10	—	0,15	—	0,14	—
4	0,27	—	0,45	—	0,62	—	0,25	—	0,30	—	0,25	—	0,30	—
5	0,38	—	0,55	—	0,76	—	0,35	—	0,42	—	0,35	—	0,41	—
6	0,50	—	0,65	—	0,94	—	0,45	—	0,52	—	0,47	—	0,50	—
7	0,60	—	0,75	—	1,01	0,10	0,60	—	0,62	—	0,67	—	0,60	—
8	0,70	—	0,85	—	1,08	0,17	0,70	—	0,72	—	0,93	0,10	0,74	—
9	0,92	—	0,95	0,05	1,17	0,29	0,85	—	0,87	—	1,22	0,27	0,77	—
10	0,95	—	1,10	0,10	1,25	0,26	1,05	0,05	1,07	0,10	1,83	0,72	0,85	—
11	1,13	0,10	1,45	0,35	1,74	0,59	1,30	0,40	1,55	0,55	2,77	1,53	0,96	—
12	1,60	0,50	2,22	1,05	3,67	2,04	2,65	1,77	2,05	1,62	4,33	3,07	1,87	0,75
13	2,66	1,31	3,90	2,65	12,54	11,85	4,32	3,22	5,75	4,35	9,20	7,78	3,16	2,04
14	—	—	8,85	7,02	—	—	—	15,67	11,85	10,42	19,00	10,13	6,57	5,40
15	—	—	—	—	—	—	—	—	23,10	21,70	34,92	32,92	15,07	13,74
16	—	—	—	—	—	—	—	—	37,50	35,65	53,75	51,39	28,97	27,42
17	—	—	—	—	—	—	—	—	53,87	51,75	—	—	41,75	42,16
18	—	—	—	—	—	—	—	—	69,75	67,25	—	—	59,25	57,06
19	—	—	—	—	—	—	—	—	88,07	86,12	—	—	76,62	74,04
20	—	—	—	—	—	—	—	—	110,75	107,67	—	—	94,44	91,62
21	—	—	—	—	—	—	—	—	130,00	122,37	—	—	114,06	111,20
22	—	—	—	—	—	—	—	—	164,75	161,12	—	—	137,50	134,12
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	163,37	170,62
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	192,56	188,25
Sforzo al limite d'elasticità . . chilogr.	10,00		9,00		6,00		9,50		2,30		7,00		11,00	
Allungamento corrispondente . milles.	0,25		1,00		0,94		0,95		0,33		0,63		0,96	
Sforzo alla rottura riferita alla sezione primitiva . . . . . . chilogr.	14,50		17,75		13,40		15,30		20,50		17,40		26,00	
Sforzo alla rottura riferito alla sezione di rottura	15,00		19,77		14,30		17,00		27,50		12,90		36,80	
Allungamento alla rottura . . . milles.	72,50		97,50		80,00		50,50		170,00		90,00		234,00	
Rapporto fra la sezione di rottura e la primitiva . . . . . . p. %	96,10		91,00		93,30		89,70		80,60		88,10		71,10	
Coefficiente d'elasticità	10527		9000		8363		10000		10000		11000		11458	
Analisi. Per 100 lega. Stagno	12,77		10,26		11,31		10,98		0,42		8,91		9,17	
Analisi. Per 100 lega. Zinco	2,08		traccie		0,12		traccie		0,21		0,08		0,12	
Analisi. Per 100 lega. Piombo	0,13		traccie		0,20		traccie		2,10		0,14		0,25	
Densità. Apparente	8,77		8,77		8,65		8,71		8,73		8,84		8,86	
Densità. Assoluta	8,95		8,90		8,74		9,00		9,02		8,98		8,89	
Vani nei saggi . . . . p. %	2,12		1,50		1,04		2,69		3,34		2,72		0,26	
Grado di durezza	5,90		5,40		4,90		4,60		4,00		4,10		4,50	
Sforzo al limite di corsione . . chilog.	12		12		11		11		11		10		12	

Vedasi lo *Specchio parziale*, N° 14 e la Tav. XXIII per le curve medie degli allungamenti momentanei.

Dall'esame di questo specchio risultano i seguenti fatti:

Osservando le rotture del cannone da cent. 15 N° 4534, fuso nel 1832, di cui si esperimentarono 6 saggi, si rileva che il bronzo ne è di qualità eccezionalmente *cattiva;* la sezione di rottura presenta infatti spugnosità, grosse macchie di stagno, ed altresì macchie di ossidi. Oltrecciò, i saggi ricavati da questo cannone danno in media lo sforzo al limite di elasticità di soli 6 chilog., hanno la tenacità di soli chilog. 13,4, e la densità di 8,65, risultati inferiori a quelli dati dagli altri cannoni. Per contro il cannone da cent. 7 N° 906, fuso nel 1869, risulta di una qualità *superiore;* i saggi presentano una sezione di rottura a grana fina e fibrosa, omogenea, lucente, e d'un bel color giallo dorato, con aspetto molto schiantato, qualità che rinvengonsi rarissimamente riunite in sì alto grado. I risultati meccanici corrispondono all'aspetto, poichè si ha la massima tenacità di 26 chilog., il massimo sforzo elastico di 11 chilog., il massimo allungamento alla rottura del 25,4 °|₀, la minima sezione di rottura, la massima densità apparente di 8,86, ed i minori vani di 0,26 °|₀.

Devesi ancora osservare che il cannone da cent. 15 N° 1454 ha un titolo di 12,77 °|₀ (corrispondente a 14,6 per 100 rame), cioè trovasi eccezionalmente *ricco di stagno* e fuori dei limiti prescritti; corrispondentemente a ciò, ha i minimi allungamenti momentanei, lo sforzo al limite di coesione è prossimo a quello indicante la tenacità (chil. 14,5), e la sua durezza corrisponde alle altre sue proprietà.

Finalmente il cannone da cent. 9 N° 2582, fuso nel 1865, ha un titolo *molto basso* di 8,91, e sarebbe al disotto dei limiti prescritti.

Da questo esame parziale, si vede che su 7 cannoni, N° 4 presentano, in un genere od in un altro, particolarità che non appartengono ai cannoni di buona o media qualità; ma per altra parte, siccome appunto si ricerca la vera media generale di tutti i cannoni in servizio, i massimi ed i minimi non devono essere scartati; sarà solo più difficile il giungere ad una conclusione precisa, confrontando tra loro i gruppi corrispondenti alle varie specialità di fabbricazione, il che formava uno degli scopi di questi esperimenti.

Per facilitare questo esame di confronto, ordinando le medie per cannoni e per gruppi di fabbricazione, secondo l'ordine decrescente della proporzione di stagno, si avrà lo specchio seguente:

RISULTATI MEDII degli esperimenti per trazione longitudinale successivamente sino alla rottura con saggi di cannoni di bronzo gettati in forme di terra.

(*I saggi avevano la lunghezza di 200 millimetri e la sezione di 500 millimetri quadrati*).

DATI RELATIVI ALLE ARTIGLIERIE	N° dei cannoni	Numero dei saggi per cadun cannone	Stagno contenuto per 100 lega	Densità apparente	Vani per °/₀ nei saggi	Resistenza elastica: Sforzo per mill. q.	Resistenza elastica: Allungamento o millesimi	Resistenza elastica: Coefficiente di elasticità	Sforzo di rottura per mill. q. della sezione: Primitiva	Sforzo di rottura per mill. q. della sezione: Di rottura	Allungamento alla rottura in millesimi	Rapporto della sez. di rottura alla primitiva p. °/₀	Grado di durezza	Sforzo al limite di coesione
CANNONI GETTATI IN FORME DI TERRA														
Cannoni di gran calibro						Chil.			Chil.	Chil.	Millesi.			Chil.
Fusi in vecchi forni, Forme interrate — Cannone da cent. 15. Anno 1784	1454	3	19,77	8,77	9,18	10,00	0,95	10527	14,50	15,00	72,5	96,1	5,90	18
» » 1812	4534	6	11,33	8,65	1,04	6,00	0,91	6383	13,40	14,30	80,0	93,3	4,20	11
» » 1832	3068	3	10,26	8,77	1,50	9,00	1,00	9000	17,75	19,77	97,5	91,7	5,40	19
	Media	12	11,45	8,73	1,55	8,33	0,96	8637	15,22	16,36	83,3	93,7	5,17	11,67
Forni a riverbero, Forme non interrate — Cannone da cent. 15. Anno 1862	7623	3	10,36	8,71	9,69	9,50	9,95	10000	15,30	17,00	50,5	89,7	4,60	11
Obice » 22. » 1870	995	3	9,49	8,73	3,34	9,30	0,93	10000	20,50	27,50	176,0	80,8	4,00	11
	Media	6	9,93	8,72	9,98	9,40	0,94	10000	17,90	22,25	113,9	85,2	4,30	11
Cannoni di piccolo calibro														
Forni a riverbero, Forme non interrate — Cannone da cent. 9. Anno 1860	906	3	9,17	8,86	0,26	11,00	0,96	11458	26,00	36,80	254	71,1	4,50	12
» » 1865	2582	3	8,91	8,64	2,79	7,00	0,63	11000	17,40	19,90	90	88,1	4,10	10
	Media	6	9,04	8,75	1,49	9,00	0,80	11229	21,70	28,3	172	79,6	4,30	11
Media generale dei risultati parziali dei 7 cannoni senza distinzione di calibri ...		24	10,23	8,73	1,94	8,83	0,91	9767	17,84	21,47	117,2	87,3	4,67	11,38

Esaminando, per ogni gruppo, le relazioni fra il titolo, la densità, i vani p. °/₀, la tenacità e l'allungamento alla rottura, non si trova alcuna decisa relazione; mentre si ha che lo sforzo al limite di elasticità, il coefficiente di elasticità, la durezza e lo sforzo al limite di coesione, diminuiscono generalmente col diminuire della proporzione dello stagno.

Se si paragonano le medie per gruppi, si vede che i cannoni di gran calibro fusi in vecchi forni con getto in forme interrate, sono più ricchi di stagno e perciò più duri (il titolo prescritto era più elevato), e sono inferiori in elasticità e tenacità a quelli fusi in forni a riverbero.

I cannoni di piccolo calibro hanno maggiore elasticità e maggior tenacità di quelli di gran calibro. Tenendo poi conto di ciò, che il cannone N° 2582 era eccezionalmente povero di stagno (al di sotto dei limiti), parmi si possa conchiudere che effettivamente il bronzo dei cannoni di piccolo calibro è superiore a quello dei cannoni di gran calibro, cioè che il raffreddamento pronto è vantaggioso, perchè essenzialmente diminuisce la liquazione, ed il bronzo riesce più omogeneo.

Da questi esperimenti sopra 7 cannoni, i limiti minimi e massimi dei risultati e la media dei risultati parziali, ottenuti per ogni cannone senza distinzione di calibro, sarebbero i seguenti:

	Minimi	Massimi	Media generale
Tenacità per mill. quad. della sezione . . . . . . Chil.	13,4	26,0	17,8
Rapporto della sezione di rottura . . . . p. °/₀	71,1	96,1	87,3
Sforzo al limite d'elasticità . . . . Chil.	6,0	11,0	8,83
Allungamento id. . . . . Millesimi	0,63	1,00	0,91
Coefficiente d'elasticità	6383	11458	10150
Sforzo al limite di coesione . . . . Chil.	10,0	12,0	11,4
Densità	8,64	8,86	8,73
Vani nei saggi . . . . p. °/₀	0,26	3,34	1,94
Durezza	4°,0	5°,9	4°,7

Esperienze eseguite direttamente alla rottura. — Vediamo ora se sui 38 saggi ricavati da 13 cannoni, e stati esperimentati per sforzi diretti sino alla rottura, si verificano eziandio gli stessi fatti; giacchè stante il maggior numero d'esperienze, le deduzioni che ne abbiamo ricavate sarebbero ancora più concludenti.

Dallo specchio parziale N° 15, ricavando le medie per caduno dei 13 cannoni, si ha il seguente specchio riassuntivo:

RISULTATI MEDII degli esperimenti per trazione longitudinale direttamente sino alla rottura, sopra saggi di cannoni di bronzo gettati in forme di terra.

(*I saggi avevano la lunghezza di* 30 *millimetri e la sezione di* 250 *millimetri quadrati*).

DATI RELATIVI ALLE ARTIGLIERIE	Numero dei cannoni	Numero dei saggi che danno la media per caduna cannone	Stagno per 100 lega	Densità: Apparente	Densità: Assoluta	Vani nei saggi	Rottura: Sforzo sulla sezione: primitiva	Rottura: Sforzo sulla sezione: di rottura	Rottura: Ultimo allungamento	Rottura: Rapporto sez. di rott. alla primitiva	Grado di durezza
						p. %	Chil.	Chil.	Milles.	p. %	Gradi
CANNONI GETTATI IN FORME DI TERRA											
Cannoni di gran calibro — Fusi nei vecchi forni, Forme interrate											
Cannone da cent. 15, Anno 1784	1454	6	13,90	8,83	8,96	1,30	14,8	15,3	73,9	97,8	5,8
» » 1807	4524	3	12,87	8,87	8,97	1,10	26,1	29,2	149,0	89,5	6,0
» » XI	4734	2	11,33	8,70	8,83	1,37	27,4	30,1	84,2	91,0	4,8
» » 1821	1535	3	10,18	8,63	8,94	3,60	19,7	21,3	192,0	90,3	4,9
» » XI	4510	3	10,31	8,89	8,92	0,34	27,1	37,3	313,0	71,3	5,2
» » 1821	3968	3	10,04	8,84	8,75	1,00	31,9	34,2	178,0	90,0	5,0
	Media	20	11,35	8,79	8,81	1,57	22,8	26,4	165,0	88,5	5,2
Forni a riverbero, Forme non interrate											
Obice da cent. 32 Anno 1870	900	3	9,81	8,52	8,85	3,92	20,3	29,8	175,0	80,2	3,0
» » 1870	995	3	9,65	8,62	8,98	4.16	18,8	21,9	221,0	90,1	3,4
	Media	6	9,73	8,57	8,92	4,04	19,5	25,9	198,0	81,2	3,2
Cannoni di piccolo calibro — Forni a riverbero, Forme non interrate											
Cannone da cent. 9. Parma, Anno 1860	1434	3	10,48	8,74	9,04	3,43	18,7	19,8	125,7	94,7	4,4
» 9. Napoli, » 1861	8520	3	10,33	8,81	9,01	2,18	19,4	20,7	117,6	93,9	4,9
» 7. 5. Torino » 1871	999	2	9,20	8,67	8,78	1,07	22,4	26,1	112,0	85,4	3,7
» 9. Torino » 1809	906	1	9,17	8,88	8,94	0,76	27,3	41,9	452,0	75,2	4,5
» 9. Torino » 1865	2582	3	9,02	8,67	8,82	1,81	31,8	23,9	226,2	88,8	7,8
	Media	12	9,64	8,75	8,91	1,85	21,9	26,5	212,9	85,6	4,3
Media generale ricavata dai risultati parziali dei 13 cannoni senza distinzione di calibri		38	10,45	8,74	8,90	2,06	22,0	26,3	188,5	85,9	4,5

Esaminando i risultati per gruppo secondo la fabbricazione, non si scorge, come precedentemente, alcuna relazione fra il titolo, la tenacità, la densità e la durezza; non si può quindi assolutamente trarre veruna conclusione, neppur confrontando i tre gruppi fra loro.

Volendo conoscere i limiti massimi e minimi dei risultati avutisi da tutti questi cannoni senza distinzione di calibro, ecc., nelle prove di trazione direttamente sino alla rottura, e la media dei risultati parziali per ogni cannone, avremo:

	Minimi	Massimi	Media generale
Tenacità per mill. quad. della sezione . . . . . . Chil.	14,8	27,4	22,0
Rapporto della sezione di rottura . . . . p. °/₀	65,2	97,2	87,0
Densità	8,52	8,89	8,74
Vani nei saggi . . . . p. °/₀	0,34	4,16	2,06
Durezza	3°,0	6°,0	4°,5

Confrontando gli esperimenti per trazione, coi due sistemi di prove, successivamente e direttamente sino alla rottura, si ha finalmente per la tenacità:

	Minimi	Massimi	Medie effettive
Colla trazione successivamente . . . . Chil.	13,4	26,0	17,8
Id. direttamente . . . . »	14,8	27,4	22,0

e si verifica nuovamente il fatto che, colle prove dirette, le tenacità risultano maggiori di quelle ottenute con sforzi successivi, rispettivamente pel minimo, pel massimo e per la media totale, del 10,5, del 5, e del 20 per °|₀.

§ III.

Conclusioni.

Le artiglierie essendo, nel tiro, sottoposte a sforzi successivi, credo che debbansi ritenere come praticamente applicabili le tenacità avute dalle prove con sforzi successivi, e non quelle ottenute dalle prove dirette; epperciò si possa ammettere per i cannoni di bronzo gettati in forme di terra, ed attualmente in servizio:

Una tenacità media di	. .	chilog.	17,8
Id.	minima . . .	»	13,4
Id.	massima . .	»	26,0

Come base poi dei calcoli, converrà sempre riferirsi a quella minima di 13,4 chilogr.

Riguardo al coefficiente di elasticità, credo che in pratica convenga attenersi ad uno sforzo al limite d'elasticità di 6 chilog., con un allungamento corrispondente di 1 millimetro, cosicchè si avrebbe E=6000.

Le cifre poi esprimenti la densità e la durezza, sarebbero per le applicazioni pratiche:

Densità	8, 64
Durezza	4°,67

Per l'esame dei caratteri esterni del bronzo, credo utile riportare nella Tav. XXII^a^, alle Fig. 1^a^, 2^a^, 3^a^, 4^a^ e 5^a^ le fotografie della rottura dei saggi ricavati da cannoni di bronzo gettati in forme di terra; questi saggi furono scelti fra quelli che rappresentavano più esattamente le varie qualità del bronzo de' cannoni, e che meglio perciò potevano servire come tipi di classificazione.

La Fig. 1^a^ è un saggio del cannone N. 906, e può considerarsi come tipo del miglior bronzo.

Le Fig. 2^a^, 3^a^ e 4^a^ rappresentano rispettivamente saggi di cannoni di bronzo di qualità buona, media ed inferiore.

La Fig. 5^a^ rappresenta un saggio di bronzo di qualità affatto scadente.

Dall'esame esterno dei saggi risulta che, ad eccezione del bronzo del cannone N° 906, si hanno goccie o macchie di stagno in tutte le se-

zioni di rottura, ed esternamente tutti presentano una superficie ruvida, ineguale e bernoccoluta, caratteristica del bronzo raffreddato lentamente.

Dal complesso di questi esperimenti emerge quindi che il bronzo, quale si trova nei cannoni gettati in forme di terra con raffreddamento lento, non è un metallo omogeneo, nè di qualità costante, ma bensì di composizione molto variabile. Credo che questi inconvenienti possano in gran parte esser eliminati coi nuovi metodi di fabbricazione recentemente adottati, e che io proposi appunto allo scopo di scansare per quanto possibile gli effetti nocivi della liquazione.

Riferirò nel titolo seguente gli esperimenti tentati per verificare l'applicabilità di questa idea; la quale nacque in me, più che da studii teorici, dall'attento esame colla lente della frattura del bronzo dei cannoni esistenti, non che dalle numerose osservazioni pratiche fatte durante la fabbricazione dei cannoni di bronzo; osservazioni che condussero poi all'adozione del getto dei cannoni in pretella, per ottenere un rapidissimo raffreddamento.

Titolo III.

ESPERIENZE SUL TITOLO E SUL RAFFREDDAMENTO LENTO E RAPIDO CON SAGGI GETTATI AL CROGIUOLO

§ I.

Generalità.

Per valutare l'influenza della variazione del titolo, ossia delle varie proporzioni dello stagno nel bronzo, non potendosi esperimentare saggi ricavati da artiglierie gettate appositamente, si fusero al crogiuolo varie leghe di bronzo formate con metalli nuovi; con queste si gettarono cilindri da cui si estrassero i saggi da esperimentarsi alla trazione.

Tanto il rame che lo stagno adoperati pel caricamento dei crogiuoli erano di 1ª qualità, e riguardo alla purezza, soddisfacevano alle condizioni stabilite pel loro impiego nel getto delle artiglierie (1).

Il rame in pani, ridotto a pezzi, veniva posto in un crogiuolo munito di coperchio, e collocato nel relativo forno a vento a tiraggio naturale; quando aveva raggiunto una temperatura prossima a quella di fusione, si aggiungeva lo stagno nelle proporzioni volute pel caricamento. Allorchè tutta la lega era fusa, la si rimescolava con un randello di legno che entrava nel crogiuolo attraverso ad un buco del coperchio; quindi pochi minuti prima del getto, il crogiuolo era estratto dal forno, e toltone il

(1) Pel rame non si tollera più di $^{2}/_{1000}$ di zolfo, antimonio ed arsenico riuniti, più di $^{4}/_{1000}$ di piombo, zinco e ferro riuniti, e finalmente più di $^{1}/_{100}$ di materie eterogenee complessivamente, comprendendovi quelle sovra accennate. Inoltre il rame è sottoposto a prove di battitura, alla riduzione in lamiera, ecc., e deve mostrarsi duttile e tenace.

Per lo stagno non si tollera più di $^{3}/_{1000}$ di zolfo, antimonio ed arsenico riuniti, più di $^{5}/_{1000}$ di piombo, zinco e ferro riuniti, e finalmente più di $^{7}/_{1000}$ di materie eterogenee complessivamente, comprendendovi quelle sovra accennate.

coperchio, si rimescolava il bagno un'ultima volta prima di eseguire la colata nelle forme già preparate. La temperatura del bagno non era mai elevata, essendo un fatto riconosciuto che, pel bronzo, è più conveniente una temperatura bassa, perchè il getto riesca sano e tenace. Ogni crogiuolo aveva la capacità di circa 100 chil. e poteva contenere la quantità di bronzo necessaria a gettare tutti i saggi d'una stessa lega; cosicchè si faceva una sola fondita per lega.

Sistemi di forme impiegate per ottenere raffreddamenti diversi. — Per riconoscere qual sia l'influenza dovuta al raffreddamento più o meno rapido del bronzo, si operarono i getti seguendo due diversi sistemi.

Il primo di tali sistemi consisteva nell'impiegar *pretelle* (forme di ghisa) di dimensioni uguali internamente, e soltanto di diverse grossezze nelle pareti; ognuna di queste forme era capace di contenere un getto cilindrico corrispondente ad un solo saggio. Questo metodo presentò inconvenienti assai gravi e fu abbandonato; però siccome dai risultati si può trarre qualche insegnamento, li riferirò sommariamente, considerandoli come quelli di esperienze preliminari.

Il secondo sistema fu quello di usare due forme di uguali dimensioni, l'una in terra cotta, l'altra in ghisa, e capaci ognuna di contenere un cilindro di dimensioni sufficienti per estrarne quattro saggi.

Riserbandomi di entrare più oltre nei particolari di questo secondo sistema di forme, esporrò dapprima le esperienze preliminari colle prime forme di ghisa.

§ II.

Esperienze preliminari.

Forme e dimensioni delle pretelle di ghisa. — Le forme e dimensioni delle pretelle di ghisa sono rappresentate nella Tav. XXIV, Fig. 1ª e 2ª. Esse si componevano di una parte cilindrica, da cui si poteva estrarre un saggio *lungo* delle dimensioni ivi indicate; quindi di un tronco di cono che rannodava questa parte cilindrica con altra di mag-

gior dimensione per la materozza, la pretella essendo disposta verticalmente colla parte maggiore in alto. Le due forme avevano diverse grossezze, l'una cioè di 40 millimetri, l'altra di 10. Le pretelle, divise in due parti longitudinali, combaciavano a maschio e femmina, ed erano riunite da due anelli di ferro spinti a forza su parti coniche corrispondenti.

Le pretelle di maggior grossezza, e che perciò chiamerò *grosse*, pesavano chil. 65, e quelle *sottili* chil. 13,5; i getti di bronzo grezzi pesavano chil. 15 circa.

Pel getto, le pretelle non erano spalmate nè riscaldate, ed il bronzo le riempiva senza che accadessero inconvenienti, nè alcun movimento di ebullizione sulla massa.

La diversa grossezza di pareti delle pretelle influiva sul raffreddamento più o meno rapido del getto.

Dal paragone dei risultati dei saggi gettati nell'una o nell'altra pretella, si sperava di poter dedurre le conseguenze relative alla differenza del tempo necessario pel raffreddamento completo; ma, come si osserverà in seguito, la differenza fra i risultati non fu abbastanza grande per poter essere apprezzata nei suoi effetti.

Forme, dimensioni, preparazione e modo d'esperimento dei saggi. — Da ogni getto fatto in pretella, ricavavasi sul tornio un saggio lungo 200 mill., della sezione di 500 mill. quadrati, e della forma (Fig. 3ª, Tav. IIª). I saggi erano marcati per lega, e con un numero d'ordine progressivo, quindi torniti, e collaudati. Se ne prendeva poscia il peso specifico, la densità assoluta, e la durezza, e si sottoponevano infine agli sforzi di trazione longitudinale *successivamente sino alla rottura*, secondo i metodi già più volte esposti.

Composizione delle leghe e numero dei saggi. — Si esperimentarono 5 leghe diverse, facendo la fondita in una sol volta per ognuna di esse; epperò collo stesso crogiuolo si gettavano tutti i saggi nelle diverse pretelle.

Le marche delle leghe, la proporzione dello stagno nel caricamento, il numero dei saggi per ogni specie di pretelle, risultano dallo specchietto seguente:

Marche delle leghe.		NL 15	LN 16	LN 17	LN 18	LN 12
Proporzione dello stagno nel caricamento p. 100 di lega		9	11	13	15	18
Quantità dei saggi	in pretella grossa	3	3	3	3	1
	in pretella sottile	3	3	0	0	1

Risultati delle esperienze. — I risultati parziali per ogni saggio sono registrati nello specchio parziale N° 16. Nello specchio riassuntivo seguente, si trovano i risultati medii dei saggi per caduna lega e per caduna specie di pretelle.

RISULTATI MEDII. — Esperimenti per trazione successivamente sino alla rottura con leghe di bronzo nuovo contenenti diverse proporzioni di stagno per ogni 100 di lega; fusione al crogiuolo, e getto individuale di cadun saggio le pretelle piccole di due grossezze diverse.

(*Saggi lunghi 200 millimetri con sezione di 500 millimetri quadrati*).

	FONDITO AL CROGIUOLO SENZA COPERTURA DI CARBONE																CON COPERTURA DI CARBONE			
Marche delle lega	L. N° 15				L. N° 16				L. N° 17		L. N° 18		L. N° 19				L. N° 15 bis		L. N° 16 bis	
Stagno nominale per 100 lega	8				11				13		15		18				8		11	
Stagno effettivo per 100 lega	9,00		8,78		10,54		10,60		12,77		14,00		18,56		17,94		9,59		11,35	
Pretelle piccole di due grossezze diverse	grosse 40 mill.		sottili 10 mill.		grosse 40 mill.		sottili 10 mill.		grosse 40 mill.		grosse 40 mill.		grosse 40 mill.		sottili 10 mill.		grosse 40 mill.		grosse 40 mill.	
Numero dei saggi	N° 79, 80, 81		82, 83, 84		85, 86, 87		88, 89, 90		91, 92, 93		94, 95, 96		61		62		101, 102, 103		104, 105, 106	
Sforzo in chilogrammi per mill. quad. delle sezione	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,07	—	0,03	—
2	0,00	—	0,00	—	0,01	—	0,02	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,18	—	0,10	—
3	0,05	—	0,08	—	0,07	—	0,07	—	0,05	—	0,10	—	0,10	—	0,10	—	0,35	—	0,17	—
4	0,24	—	0,12	—	0,17	—	0,19	—	0,18	—	0,15	—	0,20	—	0,40	—	0,53	—	0,30	—
5	0,25	—	0,25	—	0,25	—	0,30	—	0,37	—	0,25	—	0,30	—	0,60	—	0,68	—	0,40	—
6	0,45	—	0,40	—	0,42	—	0,43	—	0,48	—	0,35	—	0,40	—	0,80	—	0,82	0,07	0,53	—
7	0,62	0,01	0,60	—	0,62	0,12	0,72	0,03	0,63	—	0,47	—	0,50	—	0,90	—	1,11	0,23	0,65	—
8	0,92	0,15	0,78	0,08	0,81	0,17	0,97	0,07	0,78	0,07	0,62	0,05	0,60	—	1,04	—	1,48	0,50	0,82	0,08
9	1,30	0,28	1,04	0,18	1,07	0,23	1,27	0,23	0,90	0,10	0,82	0,05	0,80	0,10	1,10	0,10	2,07	0,83	1,10	0,18
10	1,77	0,82	1,52	0,48	1,48	0,62	1,73	0,52	1,07	0,12	1,00	0,07	0,90	0,10	1,20	0,10	3,00	1,60	1,40	0,32
11	2,53	1,18	2,27	1,25	1,97	0,98	2,57	1,27	1,31	0,18	1,27	0,15	1,00	0,10	1,40	0,10	4,27	2,70	1,80	0,57
12	3,35	2,03	3,77	2,43	2,90	1,08	3,77	2,23	1,52	0,33	1,52	0,20	1,20	0,10	1,50	0,10	6,27	3,98	2,43	1,03
13	5,33	3,87	6,03	5,40	3,62	2,50	6,33	4,58	1,87	0,51	1,85	0,42	1,30	0,10	1,60	0,10	10,13	8,25	3,13	1,78
14	8,22	6,70	13,13	11,40	4,87	3,70	9,20	7,27	2,30	0,85	2,28	0,83	1,40	0,10	1,75	0,18	15,27	13,07	4,85	2,98
15	12,75	10,78	—	—	7,22	5,57	15,00	12,75	2,87	1,25	2,80	1,22	1,55	0,15	1,90	0,20	20,47	17,09	6,90	4,23
16	17,67	15,76	—	—	11,67	8,25	21,40	18,50	3,18	1,93	3,72	1,88	1,65	0,15	2,10	0,30	29,17	26,47	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—	—	4,77	2,82	4,58	2,57	2,20	0,30	2,30	0,45	36,25	33,25	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	6,00	3,81	—	—	2,50	0,40	0,50	0,60	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	7,75	5,42	—	—	3,50	1,00	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	9,67	7,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sforzo al limite d'elasticità . . . . chilog.	6,66		7,00		8,00		8,33		8,33		9,00		8,00		8,00		5,67		9,00	
Allungamento corrispondente . . . . millesimi	0,60		0,60		0,70		0,82		0,87		0,87		0,60		1,00		0,75		0,98	
Coefficiente d'elasticità	12110		11666		11466		10158		9534		10345		13336		8000		7560		9090	
Sforzo alla rottura riferita alla sezione primitiva . . . . chilog.	17,40		16,73		17,80		18,03		21,00		18,22		20,00		10,00		18,02		16,45	
Sforzo alla rottura riferita alla sezione di rottura . . . . »	19,20		18,06		18,14		18,93		21,38		18,57		20,26		10,34		19,96		10,75	
Allungamento alla rottura . . . . . . millesimi	28,33		33,33		19,60		28,33		11,50		7,33		4,50		3,00		49,17		12,00	
Rapporto fra la sezione di rottura alla primitiva . . . . p. %	90,00		93,00		98,00		95,55		98,20		98,90		98,90		98,20		90,40		98,20	
Densità — Apparente	8,768		8,715		8,764		8,703		8,804		8,805		8,880		8,854		8,779		8,718	
Densità — Assoluta	8,928		8,823		8,840		8,744		8,863		8,841		8,964		8,976		8,801		8,998	
Vuoti nei saggi per 100	1,825		1,003		0,867		2,408		0,662		0,443		1,000		0,913		3,880		2,408	
Sforzo al limite di coesione . . . . chilog.	10		10		10,33		11		14		14		18		18		9		12	

Dall'esame di questi risultati, che d'altronde considero come secondari, si ricava che generalmente il titolo dello stagno, dal momento del caricamento a quello del getto, diminuisce alquanto, in causa probabilmente dell'ossidazione dello stagno stesso.

Paragonando tra loro le diverse leghe, si possono fare le seguenti osservazioni:

Coll'aumento dello stagno, gli allungamenti alla rottura diminuiscono, ed il rapporto della sezione di rottura a quella primitiva aumenta, giacchè appunto coll'aumento dello stagno le leghe diventano meno duttili e più dure;

Le densità non presentano relazione decisa col titolo, quantunque tendano a diventar maggiori coll'aumento dello stagno, mentre, stando a quelle dei componenti, esse dovrebbero piuttosto decrescere; ciò dipende dalla maggior compattezza delle leghe ricche di stagno.

Coll'aumento dello stagno, gli sforzi al limite di elasticità ed alla rottura crescono fino ad un certo limite, mentre invece, lo sforzo al limite di coesione cresce quasi regolarmente.

Confrontando poi i getti in pretella sottile con quelli in pretella grossa, per le leghe L N° 15, L N° 16, L N° 18, le differenze dei risultati sono assai contraddittorie, e tali che non si può conchiudere circa all'influenza della grossezza delle pareti sul raffreddamento; forse anche, la differenza del tempo necessario al completo raffreddamento era troppo piccola per dar luogo ad osservazioni sicure.

L'incertezza di questi risultati può però ascriversi alla seguente ragione:

Natura ed aspetto del bronzo nei getti. — Osservando le rotture dei saggi, si trovò che presentavano una grana più fina, e più compatta di quella del bronzo ordinario; di colore giallognolo-terroso per quelli dotati di minor quantità di stagno, e di colore grigio-cenere per quelli più ricchi di stagno. Le superficie esterne dei saggi, dopo le esperienze di trazione sino alla rottura, erano liscie e senza alcuna irregolarità; e paragonate a quelle dei saggi estratti dai cannoni, ne risultava chiaramente la differenza, giacchè questi, come già si rilevò, hanno una superficie molto irregolare e *bernoccoluta*. Ma si osservava un altro fatto importante: quello cioè, che tutti i saggi così fusi al crogiuolo presenta-

vano nella sezione di rottura e quasi sempre verso il centro, numerose macchie brune, giallognole, e rossiccie, alcune volte distinte le une dalle altre, ed altre volte insieme frammiste; nella parte poi ov'esse esistevano, il metallo era meno compatto. Tali macchie sono formate da ossidi di rame e di stagno che, per effetto del raffreddamento, hanno tendenza a portarsi al centro. Benchè i cilindri gettati e torniti presentassero bellissima apparenza e producessero nel lavoro al tornio truccioli tenaci, era però certo che la natura del bronzo al centro era molto diversa e difettosa; epperciò tutti i risultati meccanici dovevano subire l'influenza di questi difetti.

Devono ascriversi alla presenza inuguale di questi ossidi le irregolarità avute nei risultati e, come lo vedremo meglio in seguito, la poca tenacità di queste leghe.

Si cercò di evitare l'ossidazione del bagno nei crogiuoli, tenendoli coperti con carbone in polvere, come praticò appunto il signor Montefiore-Levi, negli esperimenti fatti nel Belgio (1).

Si gettarono perciò altri 6 saggi in pretelle grosse, tre della lega L N° 15^bis^ con 9 per °|₀ di stagno, e 3 della lega L N° 16 ^bis^ con 11 °|₀ di stagno, per paragonarle colle leghe L N° 15 e L N° 16.

Le medie per ogni 3 saggi sono pure inserte nello specchio riassuntivo già anteriormente accennato.

Dall'esame delle rotture dei saggi non risultò alcun miglioramento nell'aspetto del bronzo, ed i risultati degli esperimenti furono anch'essi inconcludenti.

Conclusione delle esperienze preliminari. — Queste esperienze, citate solo a titolo d'informazioni, dimostrarono che nella fondita al crogiuolo si formano ossidi in quantità tale, da alterare le qualità del bronzo; conveniva perciò arrecarvi rimedio, o con modificazioni nel sistema di fusione, ovvero ancora col gettare un solo cilindro di maggiori dimensioni da cui si potessero estrarre varii saggi verso l'esterno, lasciando in disparte il centro della massa che, sia per la presenza di ossidi in maggiore proporzione, sia per gli effetti del raffreddamento, trovasi in condizioni troppo speciali e variabili.

(1) *Essais sur l'Emploi des divers alliages et spécialement du bronze phosphoreux.* — Per Montefiore-Levi. — Bruxelles 1870.

Infatti gli esperimenti successivi provarono che, mediante alcuni miglioramenti nella fondita e nel getto, si ottengono risultati più concludenti.

§ III.

Esperienze circa l'influenza del titolo e del raffreddamento lento o rapido sulle qualità del bronzo.

Caricamento e fusione delle leghe nei crogiuoli. — In queste serie di esperienze ed in quelle successive, si arrecarono le seguenti modificazioni al sistema di fusione seguìto nel getto dei saggi usati in quelle preliminari.

Il rame era riscaldato preventivamente sino al rosso-chiaro, ed introdotto contemporaneamente allo stagno nel crogiuolo, e questo veniva chiuso con apposito coperchio; il combustibile adoperato era coke di prima qualità. Si diminuiva il tiraggio del cammino restringendone il becco, si eseguiva la rimescolanza nel minor tempo possibile, e si gettava quindi, appena fuso e rimescolato il bagno. Mediante questi procedimenti, le macchie degli ossidi presentavansi solo al centro del getto, ed in minor quantità.

Specie delle forme adoperate e prelevamento dei saggi. — Per la colata si impiegavano due specie di forme cilindriche: l'una, destinata ad ottenere il raffreddamento lento, era costrutta in argilla preparata come per una forma da cannone, ed aveva le dimensioni e le forme indicate nella Tav. XXIV^a, Fig. 3^a; l'altra, pel raffreddamento rapido, era in ghisa e delle forme e dimensioni indicate dalla Fig. 4^a: aveva cioè il diametro interno, le grossezze di pareti e le lunghezze identiche a quelle della forma di terra, e pesava chil. 200 circa.

Il diametro del cilindro gettato era stato fissato a 15 centimetri, per poterlo dividere nel senso della lunghezza in 4 parti, dopo tagliatane la materozza. Da tre di queste parti, si estraevano 3 saggi lunghi delle forme già dette (Tav. II^a, Fig. 3^a), e dalla quarta un saggio corto per le prove di trazione longitudinale direttamente alla rottura; quest'ul-

timo, delle dimensioni e della forma indicate a Tav. IIª, Fig. 5ª. Restava così scartato dalle prove il centro del getto, ove il metallo è sempre meno denso e meno puro, come già abbiam fatto notare, e come si scorge dalla sezione rappresentata dalla Fig. 4ª.

Il peso di ciascun cilindro grezzo era di circa 100 chilogrammi.

Il getto aveva luogo nelle forme e nelle pretelle disposte verticalmente e senza che queste fossero sottoposte ad un riscaldamento preventivo. Colla pretella di ghisa, per il completo raffreddamento del getto, si richiedevano circa 12 ore: ma la solidificazione operavasi dopo 15 minuti, e l'esterno della pretella che, eseguito il getto, diventava rossa, perdeva ogni colore dopo 10 minuti circa. Colla forma di terra, per il completo raffreddamento del getto, erano necessarie circa 24 ore, ed una mezz'ora per la solidificazione. Si otteneva così una differenza della metà nel tempo necessario alla solidificazione, differenza sufficiente perchè si potesse verificare l'influenza della maggiore o minore rapidità della solidificazione stessa sulle qualità del metallo.

Distinzione delle leghe, quantità e numero dei saggi gettati, e diverso raffreddamento. — Stante il peso considerevole di ciascun getto, richiedevasi per ogni cilindro tutto il bagno contenuto in un grande crogiuolo. In causa di questa circostanza, doveva accadere inevitabilmente che, nel getto delle due serie, l'una in forme di terra, l'altra in pretella, fosse difficile ottenere, malgrado l'identico caricamento, un titolo identico nei getti, bastando una piccola differenza di temperatura o di durata nella fusione per avere delle variazioni nella quantità dello stagno; ciò non ostante, operando con un numero ragguardevole di saggi di titoli varii, gettati in condizioni assai diverse di raffreddamento, era presumibile che si potesse ottenere lo scopo di stabilire le relazioni esistenti fra le proporzioni dello stagno e le proprietà di ciascuna lega.

Si gettarono adunque 4 cilindri di 4 titoli diversi in forme di terra, e 4 cilindri pure di 4 titoli diversi in pretelle di ghisa.

Nello specchietto seguente, sono indicate le leghe, le loro marche ed i titoli di caricamento.

	FORME IN TERRA COTTA				PRETELLE DI GHISA			
	Raffreddamento lento				Raffreddamento rapido			
Marche distintive delle leghe	L 1	L 2	L 3	L 4	BL 7	BL 9	BL 11	BL 13
Stagno per 100 lega nel caricamento	9	11	13	15	7	9	11	13

Il confronto quindi fra il raffreddamento lento e quello rapido si fece sopra leghe eguali, pei titoli di 9, 11 e 13 p. °|₀ di stagno, i quali titoli corrispondono appunto a quelli che più ordinariamente incontransi nei cannoni. A completare però la scala delle leghe, per studiarne meglio la legge, si aggiunse un quarto titolo, quello del 15 p. °|₀ di stagno per il getto in forma di terra, e quello del 7 p. °|₀ di stagno pel getto in pretella; si ebbero così due titoli estremi.

Esperimenti per trazione longitudinale successivamente sino alla rottura.

Esaminiamo in primo luogo nello specchio parziale N° 17, le differenze fra i massimi e i minimi ottenutisi dai singoli saggi prelevati in uno stesso cilindro, per giudicare della omogeneità di composizione del metallo del cilindro.

Differenze fra i massimi e minimi.

		Nello stagno per 100 lega	Peso specifico	Densità assoluta
Getto in forme di terra	Lega L N° 1	0,16	0,01	0,08
	» » 2	0,00	0,00	0,09
	» » 3	0,16	0,00	0,03
	» » 4	0,32	0,02	0,08
Getto in pretelle	Lega BL N° 7	0,16	0,02	0,13
	» » 9	0,00	0,02	0,02
	» » 11	0,00	0,01	0,03
	» » 13	0,32	0,01	0,06

Non risulta qui una sensibile differenza nei risultati, fra i due sistemi di raffreddamento; ma se paragoniamo i maggiori distacchi dati da questi saggi, con quelli esistenti fra i saggi di uno stesso cannone (§ II, Titolo II), riesce evidente come i cilindri sieno più omogenei dei cannoni; ciò è essenzialmente dovuto alla grande differenza del tempo occorrente al raffreddamento, il quale è assai più lento pei cannoni, che pei cilindri.

INFLUENZA DEL TITOLO DELLO STAGNO. — Passiamo ora all'esame dei risultati medii dei 3 saggi per cadun cilindro e per caduna lega.

Nello specchio riassuntivo qui in appresso si trovano queste medie, ed a Tav. XXV^a le curve medie corrispondenti agli allungamenti momentanei.

Tanto nei getti in *terra* che per quelli in *pretella*, paragonando le medie dei varii titoli in caduna serie, si osserva:

1° Crescono gradatamente colla proporzione dello stagno, lo sforzo al limite d'elasticità, l'allungamento corrispondente, il coefficiente d'elasticità, e lo sforzo al limite di coesione; cresce pure il rapporto della sezione di rottura colla primitiva, non che la durezza.

2° Diminuiscono invece la tenacità e gli allungamenti alla rottura.

3° Per i getti a raffreddamento *lento*, diminuisce la densità assoluta, mentre è variabile il peso specifico e decrescono regolarmente i vani interni. Per i getti a raffreddamento *rapido* vi sono alcune irregolarità.

È evidente adunque che l'aumento di titolo scema la tenacità, ma accresce la compattezza e la durezza, ed il bronzo riesce più elastico.

Influenza del raffreddamento lento e rapido. — Per rendere più evidente l'influenza del tempo necessario pel raffreddamento, esaminiamo lo specchio qui contro, il quale contiene le medie dei risultati dei saggi di cadun cilindro, nell'ordine delle proporzioni crescenti dello stagno.

Si vede da questi risultati che, a titolo pressochè uguale, ma però sempre inferiore per i getti a raffreddamento rapido, questi ultimi sono costantemente superiori in peso specifico; molto più compatti, poichè i vani interni sono minori in fortissime proporzioni (1); sono inoltre molto più elastici e tenaci, più duttili poichè gli allungamenti sono maggiori, e malgrado la loro maggior duttilità, sono ancora notevolmente più duri; lo sforzo al limite di coesione è anche molto più elevato.

È così provata all'evidenza la superiorità del pronto raffreddamento su quello lento.

Fra queste leghe, le più convenienti per cannoni sarebbero quelle BL N° 9, e BL N° 11, giacchè ad una durezza ed una elasticità piuttosto elevate, accoppiano una grande tenacità, maggiore cioè di circa 13 p. °|₀ di quella trovata per le leghe di titoli più prossimi, raffreddate lentamente.

(1) Il totale dei vani per le 4 leghe a raffreddamento *rapido* è di 1,52, mentre per quelli a raffreddamento *lento* è di 8,43; la differenza in favore è di $^3/_4$ pel raffreddamento rapido.

Influenza del diverso raffreddamento sulle proprietà di leghe di bronzo nuove di varii titoli.

Esperimenti per trazione longitudinale successivamente *sino alla rottura.*
(3 saggi per lega $l=200$; $s=500$)

Indicazione del raffreddamento lento e rapido	Marche particolari delle leghe	Stagno contenuto p. 100 lega	Densità apparente	Vani per 100 nei saggi	Resistenza elastica			Sforzo di rottura per mill. quad. della sezione		Allungamento alla rottura in millesimi	Rapporto della sezione di rottura alla primitiva	Grado di durezza	Sforzo al limite di coesione
					Sforzo per mill. quadrato	Allungamento in millesimi	Coefficiente di elasticità	Primitiva	Di rottura				
					Chil.			Chil.	Chil.		p. %		Chil.
Rapido (N° 3 saggi)	BL N° 7	6,50	8,87	0,22	8,00	0,83	9638	31,55	50,54	450,0	62,4	4,67	11
Rapido »	BL N° 9	8,81	8,89	0,11	9,66	0,90	10733	33,45	52,33	403,3	65,0	5,33	13
Lento »	L N° 1	9,33	8,63	2,78	8,67	0,93	9312	25,40	37,70	289,0	75,4	4,00	11
Rapido »	BL N° 11	10,86	8,87	0,22	11,33	1,00	11333	29,63	34,57	140,0	85,8	6,27	14
Lento »	L N° 2	11,01	8,58	2,61	8,33	0,90	9255	22,80	27,27	181,0	83,7	4,57	11
Rapido »	BL N° 13	12,48	8,88	1,00	13,0	1,10	11818	25,8	26,98	43,0	95,7	6,63	16
Lento »	L N° 3	13,	8,63	1,85	10,0	1,03	9709	17,5	18,62	44,0	94,1	5,63	12
Lente »	L N° 4	14,81	8,43	1,19	9,06	1,02	9470	14,0	14,14	9,0	99,0	5,77	12

Vedasi specchio parziale N° 17, e le curve medie degli allungamenti momentanei a Tavola XXV^a.

Esperimenti per trazione longitudinale direttamente alla rottura.

Lo specchietto seguente contiene i risultati delle esperienze sui saggi esperimentati per trazione direttamente sino alla rottura, distinti per lega e per specie di raffreddamento; i saggi furono ordinati come nello specchio precedente, per facilitare il confronto fra i due sistemi di raffreddamento.

Influenza del diverso raffreddamento sulle proprietà delle diverse leghe di bronzo nuovo di varii titoli.

Esperimenti per trazione longitudinale direttamente *alla rottura*

(Un saggio per lega $l = 30 : s = 250$)

RAFFREDDAMENTO LENTO O RAPIDO	Marche particolari delle leghe	Stagno contenuto per 100 lega	Densità apparente	Vani per 100 nei saggi	Sforzo di rottura per mill. quad. della sezione: primitiva	Sforzo di rottura per mill. quad. della sezione: di rottura	Allungamento alla rottura in millesimi	Rapporto della sezione di rottura alla primitiva	Grado di durezza
					Chil.	Chil.		p. %	
Rapido (N° 1 saggio) .	BL N° 7 (a)	6,45	8,87	0,25	33,7	70,7	700,0	47,7	3,9
Rapido » .	BL N° 9	8,81	8,81	0,11	36,2	67,07	539,0	54,2	5,4
Lento » .	L. N° 1	9,44	8,75	3,61	35,6	54,84	289,0	65,1	5,5
Rapido » .	BL N° 11	10,86	8,85	0,28	34,0	42,08	267,0	80,8	6,0
Lento » .	L N° 2	11,01	8,35	5,42	19,0	20,38	281,0	93,2	2,9
Rapido » .	BL N° 13	12,59	8,91	0,90	28,5	29,14	50,0	97,8	6,7
Lento » .	L N° 3	13,06	8,69	3,18	31,6	54,01	44,0	58,5	6,3
Lento » .	L N° 4	15,10	8,60	0,04	25,0	37,7	9,0	85,2	6,2

(a) Seggio difettoso.

Questi risultati (osservando che il saggio della lega L. N° 7 era difettoso), ci conducono alle stesse considerazioni che i precedenti; e sono una nuova prova del modo di comportarsi delle leghe e dell'influenza del raffreddamento rapido.

Confronto delle tenacità ottenute operando successivamente e direttamente.

Se, per ogni lega, noi confrontiamo le tenacità medie dei saggi lunghi esperimentati successivamente, colle medie dei saggi corti esperimentati direttamente alla rottura, avremo lo specchietto seguente:

Tenacità comparativa secondo il sistema di trazione.

MARCHE DELLE LEGHE	Raffreddamento lento				Raffreddamento rapido			
	L N° 1	L N° 2	L N° 3	L N° 4	BL N° 7	BL N° 9	BL N° 11	BL N° 13
Sforzi successivi .	25,4	22,8	17,5	14,0	31,6	33,5	29,6	25,8
Sforzi diretti . . .	35,6	(a) 19,0	31,6	25,0	33,7	36,2	34,0	28,5
DIFFERENZE . .	10,2	(a)	14,1	11,0	2,1	2,7	4,4	2,7

(a) Saggio difettoso.

Si rileva quindi, che la tenacità alla rottura ottenuta *direttamente* è alquanto maggiore di quella ottenuta *successivamente*, come risultò già negli esperimenti precedenti sui saggi dei cannoni.

Inoltre, la tenacità dei getti raffreddati rapidamente, ricavata dopo sforzi successivi, si avvicina a quella degli stessi getti provati direttamente alla rottura; questo fatto, che indica maggiore omogeneità, maggiore elasticità e minore tendenza a snervarsi sotto l'azione di sforzi successivi, serve sempre più a confermare la superiorità del bronzo a raffreddamento rapido su quello a raffreddamento lento.

ESAME DELLA ROTTURA DE' SAGGI. — I saggi di leghe contenenti poco stagno e gittati col sistema di raffreddamento lento, provati alla trazione, presentavano nella superficie esterna delle rugosità e delle irregolarità, e nella sezione di rottura una grana poco compatta con macchie e goccioline di stagno che influivano a renderla di color chiaro. Col crescere dello stagno, la superficie esterna dei saggi provati diventava più

liscia, e la loro sezione di rottura di aspetto più schiantato ed a grana fina, più uniforme e di colore più chiaro. La lega più dura fu quella che presentò una rottura affatto liscia.

I getti in pretella presentarono il fenomeno singolare, che alla tornitura formavansi truccioli tenaci, regolari, e di alcuni metri di lunghezza, come se si lavorasse ferro od acciaio, indizio questo evidente delle eccellenti qualità del metallo. Sotto le prove di trazione, la superficie esterna rimase liscia e lucente per tutte le leghe. La rottura offriva una grana finissima, compatta, uguale e gradatamente più schiantata per le leghe più dolci. Il colore della frattura era il giallo alquanto terroso, e rendevasi più chiaro coll'aumento dello stagno.

Nessuno dei 16 saggi gettati in pretella presentava macchie di stagno, nè gocciolinc chiare e lucenti; anche colla lente, si osservava grande omogeneità e compattezza nella massa.

Conclusioni.

Dietro quanto abbiam visto sin qui, si può asserire che dai risultati dei 32 saggi esperimentati, emerge che:

1° L'aumento della proporzione dello stagno nel bronzo ne accresce gradatamente la durezza, l'elasticità e l'uniformità.

2° Il raffreddamento rapido aumenta notevolmente lo sforzo elastico e quello del limite di coesione, la tenacità, la compattezza e la durezza.

3° Col raffreddamento rapido, si può impiegare una proporzione minore di stagno per ottenere effetti uguali.

4° Nell'esperimentare il raffreddamento rapido pel getto in pretella dei cannoni, la proporzione più conveniente di stagno sarà probabilmente compresa fra il 10,5 e l'11,5 per °/₀ di lega, corrispondente circa all'11,7 ed al 13 p. °/₀ di rame; e se gli effetti del pronto raffreddamento potessero ottenersi nel getto di cannoni, in uguali condidizioni che nei cilindri colati col crogiuolo, l'aumento della tenacità sarebbe di circa il 30 p. °/₀, e s'otterrebbe pure un vantaggio rilevante nell'elasticità e nella durezza.

Titolo IV.

ESPERIENZE SU CANNONI DI BRONZO GETTATI IN PRETELLA

§ I.

Generalità sul getto di cannoni di bronzo in pretella.

Del raffreddamento rapido. — Dalle osservazioni fatte sulla fabbricazione dei cannoni di bronzo secondo i procedimenti attuali, cioè mediante fusione ai forni a riverbero e getto in forme di terra; da quelle che ebbi campo di fare nel getto di molte parti di macchine in bronzo; dall'esame delle fratture del bronzo da cannoni di ogni qualità, di cui ho trattato al Titolo I, era nata in me la convinziono dei vantaggi del raffreddamento rapido. Con esso parevami doversi evitare, se non in tutto, almeno in gran parte, le cause della liquazione, alla quale principalmente attribuivo i difetti di regolarità e di omogeneità che si riscontrano nel bronzo raffreddato lentamente nelle forme di terra cotta.

Alcuni esperimenti stati anteriormente eseguiti, accrebbero in me tale convinzione.

Ottenuta la richiesta autorizzazione dal Ministero, la Direzione della Fonderia procedeva al getto in pretella di due cannoni del calibro di cent. 7,5 da campagna. Questi getti riuscirono molto soddisfacenti. In seguito, si gettarono collo stesso metodo altri due cannoni da cent. 7,5 con anima d'acciaio, che proponevo nel tempo stesso di sottoporre ad esperimenti di tiro; quindi un tubo da inserirsi in un cannone da cent. 24 GRC, e finalmente un obice da cent. 22. Da tutti questi getti a rapido raffreddamento, si prelevarono saggi, i quali, esperimentati, diedero risultati tali da superare quanto si poteva ragionevolmente aspettare. Di questi getti, parte furono anteriori, parte posteriori agli esperimenti eseguiti su leghe fuse al crogiuolo e gettate in pretella,

di cui è fatto cenno nel Titolo precedente; cosicchè non potei trarre tutto quel profitto che avrei potuto ottenere in seguito, dagli ammaestramenti che questi ultimi fornirono.

Dati relativi al getto di cannoni in pretella, e caratteri esterni del bronzo. — Esporrò ora sommariamente i procedimenti seguiti nel getto dei cannoni in pretella, ed i risultati delle esperienze meccaniche.

I getti eseguiti a rapido raffreddamento furono i seguenti, nell'ordine progressivo di fabbricazione:

1° Un cannone da campagna da centim. 7,5 (modello Zanolini, N° 1004);

2° Due cannoni da campagna da cent. 7,5 (modello Rosset, con anima d'acciaio, N° 1005, 1006);

3° Un tubo da cent. 24, del diametro esterno di 310 millimetri, e del diametro interno di 210 millim., con una lunghezza totale di metri 7,50;

4° Un cannone da centim. 7,5 (modello Comitato, N° 1008);

5° Un obice da cent. 22.

I cannoni Nⁱ 1004 e 1008, e l'obice da cent. 22 furono gettati con un bagno di bronzo composto come nelle fondite ordinarie, per $^3/_4$ di artiglierie fuori servizio, e per $^1/_4$ di lega nuova già stata preventivamente preparata, e formata in pani gettati con rame e stagno nelle volute proporzioni; si aggiunsero inoltre nel forno quelle piccole quantità di rame e stagno, necessarie per portare il bagno al preciso titolo.

Il caricamento del forno pei due cannoni suddetti fu fatto a titolo del 9,5 p. $^0/_0$ di stagno; quello per l'obice da cent. 22 invece a titolo del 10 p. $^0/_0$, perchè si era riconosciuto, dalle esperienze fatte sui saggi dei due primi cannoni, che la lega riusciva troppo dolce.

I cannoni Nⁱ 1005 e 1006, non che il tubo da cent. 24 furono gettati con bronzo formato in ugual modo, ed allo stesso titolo di 9,50 di stagno, se non che si aggiunse inoltre nel forno, un quarto d'ora prima della fondita, circa l'1 $^1/_2$ per 100 di zinco in pezzi minuti. L'aggiunta dello zinco era fatta allo scopo di verificare se, colla sua rapida evaporazione, potevasi almeno in parte operare la riduzione degli ossidi che formansi all'atto della fusione del bronzo, in modo da ottenere un getto in

cui le materie eterogenee, compreso lo zinco stesso, non superassero l'1 per °|₀ della massa totale.

Come vedrassi in seguito, quest'ultimo fatto non si verificò, poichè nelle analisi successive si rinvennero ancora proporzioni di solo zinco maggiori dell'1 p. °|₀.

Per ottenere un pronto raffreddamento, si usarono pretelle di ghisa, le quali avevano le dimensioni interne corrispondenti a quelle dei cannoni, compreso l'aumento necessario per le varie lavorazioni e per la materozza. Queste pretelle (di cui non terrò parola non essendone per ora il caso) erano disposte verticalmente come le forme ordinarie; non erano in alcun modo riscaldate, e solo venivano spalmate internamente, per mezzo d'un pennello, d'uno strato di circa 1 millim. di una preparazione speciale pressochè liquida. Il getto era fatto al centro delle pretelle coi canali ordinari, ad eccezione di quello dei due cannoni ad anima d'acciaio N' 1005 e 1006, in cui esso era diviso in 4 fori, situati in direzione corrispondente al vano compreso fra la pretella ed il tubo interno, collocato quest'ultimo verticalmente nel centro della pretella stessa. Questo tubo d'acciaio era ugualmente freddo, ma aveva subito apposita preparazione per ottenere un'intima unione col bronzo. I getti procedettero regolarmente e senza ebullizione.

Nel getto dell'obice da cent. 22, si ebbe però da lamentare la rottura di parte della pretella (cosa a cui si ovviò in seguito nel ripetere l'esperimento); cosicchè l'obice non riuscì, e si ebbe solo un tronco di culatta, sufficiente però per ricavarne saggi lunghi da esperimentarsi alla trazione.

Pochi minuti dopo il getto, le pretelle erano di color rosso, e mandavano per irradiazione un intenso calore. Dopo circa un quarto d'ora, le pretelle dei cannoni e del tubo erano di nuovo del loro colore naturale; dopo un'ora il bronzo era solidificato, e dopo 36 ore si estraevano dalle pretelle, senza alcuna difficoltà, i getti completamente raffreddati.

Caratteri esterni dei cannoni. — I cannoni riuscirono perfettamente sani, con superficie liscia, senza alcuna soffiatura o spugnosità; così dicasi del tubo da cent. 24, quantunque fosse gettato con anima in terra cotta di 22 centimetri di diametro. Nel tagliare la materozza, e nel trapanare i cannoni, si trovò un bronzo tenace, uniforme, a grana fina, e, segno anche della buona qualità del metallo, nella tornitura si ricavarono

truccioli lunghi e resistenti. L'aspetto del bronzo tornito era quello del miglior bronzo da cannoni, con una tinta leggermente più rossiccia, e, fatto a notarsi, non presentava la benchè minima macchia di stagno. Il bronzo aveva dunque un aspetto in ogni modo soddisfacente, e tale da far nascere la speranza che la sua bontà fosse confermata dagli esperimenti meccanici, i cui risultati sono qui appresso esposti.

Numero e specie dei saggi ricavati dai cannoni. — Per il necessario paragone dei risultati ottenuti dalle esperienze, i saggi dei cannoni gettati in pretella furono estratti dalla materozza, mentre nei cannoni gettati in forme di terra, furono estratti dalla massa stessa; fatto questo da rilevarsi, giacchè è noto come la materozza sia sempre imbrattata da materie eterogenee, e riesca di qualità assai inferiore alla restante massa del cannone.

I saggi dell'obice da cent. 22 furono tolti dalla culatta, nella parte composta del bottone e del suo prolungamento.

Da ogni bocca da fuoco si tolsero saggi lunghi 200 mill. (delle forme indicate a Fig. 3ª, Tav. IIª), per gli esperimenti a trazione longitudinale successivamente sino alla rottura; per quelli eseguiti direttamente alla rottura si estrassero saggi corti di 30 millim. (Fig. 5ª, Tav. IIª), epperciò di dimensioni uguali a quelle dei saggi ricavati dai cannoni gettati in forme di terra.

Il numero e la qualità dei saggi erano i seguenti:

	SAGGI	
	lunghi	corti
Obice da cent. 22 Nº 1009	3	1
Cannone » 7,5 » 1004	3	1
» » » 1008	3	1
» » » 1005	3	1
» » » 1006	3	4
Tubo da cent. 24	3	2
Totale . . .	18	10

Si avevano dunque in totale 6 getti in pretella e N° 28 saggi, per esperimentare l'influenza del raffreddamento rapido in pretella.

I risultati parziali dati dai saggi lunghi sono contenuti nello specchio parziale N° 18, e quelli dei saggi corti in quello N° 15.

Omogeneità del bronzo. — Esaminando gli specchi parziali sopra citati, si vede che le differenze fra i risultati dei saggi di una stessa bocca da fuoco sono assai piccole, e molto minori che pei cannoni a raffreddamento lento.

Infatti, se confrontiamo i massimi distacchi avuti qui fra i risultati dei saggi di uno stesso cannone, con quelli già citati dei cannoni gettati in forme di terra, avremo lo specchietto seguente:

RISULTATI PRINCIPALI	Maggiori distacchi fra i risultati dei saggi di uno stesso cannone	
	Raffreddamento lento	Raffreddamento rapido
Stagno per 100 lega	1,798 = Cannone N° 1454	0,325 = Cannone N° 1008
Peso specifico	0,384 = » » »	0,250 = » » 1005
Tenacità . . . . Chil.	11,0 = Obice » 975	7,7 = » » 1004
Durezza . . . . Gradi	1,7 = Cannone » 3968	1,2 = » » 1005
Rapporto delle sezioni p. %	21,7 = Obice » 975	11,8 = » » 1004

Risulta quindi chiaramente che il bronzo gettato in pretella ha una omogeneità molto superiore all'altro, e che lo stagno trovasi meno inegualmente ripartito.

Questo risultato è palesemente confermato dallo esame della rottura dei saggi, sia ad occhio nudo che colla lente. La grana appare finissima, compatta, schiantata, e non vi si scorge alcuna separazione di stagno o di leghe ricche di stagno; il bronzo insomma ha acquistato un'omogeneità molto maggiore anche rispetto a quella del miglior cannone gettato in terra (N° 906). Anche dopo gli sforzi di trazione, i saggi hanno conservato una superficie esterna liscia e senza prominenze irregolari, come nelle varie qualità di bronzo duro delle leghe esperimentate. Questi caratteri esterni così distinti risultano in modo evidente dallo esame delle fotografie a Tav. XXII^a, ove le Fig. 6^a, 7^a, 8^a, 15^a, 16^a, 17^a e 18^a rap-

presentano saggi di questo bronzo dopo la rottura, e possono confrontarsi colle fotografie dei saggi dei cannoni gettati in forme di terra, contenute nella stessa Tavola dalla Fig. 1ª alla 5ª, e dalla Fig. 11ª alla 14ª.

Un fatto caratteristico da notarsi nella sezione di rottura del bronzo gettato in pretella, è che essa non ha più l'aspetto lucente del bronzo ordinario, ma un colore alquanto più scuro, cenerino e quasi terroso; ma, appena toccata colla lima o pulita, presenta la lucentezza del bronzo di buona qualità.

In conclusione, queste osservazioni ci provano che il raffreddamento rapido ha per effetto d'impedire in sommo grado la liquazione, scopo appunto cui si tendeva.

Vediamo ora se le qualità fisiche e meccaniche corrispondano a questi caratteri esterni.

§ II.

Esperienze per trazione successivamente alla rottura

Dallo specchio parziale N° 18 ricavando gli allungamenti medii, e le medie di tutti i risultati per ogni bocca da fuoco, si ha lo specchio riassuntivo seguente; le curve medie degli allungamenti sono rappresentate nella Tav. XXVª, ove già trovansi quelle dei cannoni gettati in terra.

RISULTATI MEDII degli esperimenti per trazione longitudinale successivamente sino alla rottura sopra saggi ricavati da cannoni di bronzo gettati in pretello.

Raffreddamento rapido.

(*Allungamenti in millesimi, saggi di 200 mill. di lunghezza e 500 mill. quadrati di sezione*).

SFORZO IN CHILOGHAMMI PER MILLIMETOO QUADRATO DELLA SEZIONE	CANNONI DI GRAN CALIBRO		CANNONI DI PICCOLO CALIBRO									
	Senza zinco		Senza zinco						Con zinco			
	Obice da cent. 22 N° 1005		Cannone da cent. 7,5 Zandini 1001		Cannone da cent. 7,5 Comitato 1008		Tubo da cent. 24		Cannone da cent. 7,5 Gonnet 1005		Cannone da cent. 7,5 Gonnet 1006	
	Media dei 3 saggi 248, 249, 250		Media dei 3 saggi 128, 129, 130		Media dei 4 saggi 166, 167, 168		Media dei 3 saggi 97, 98, 99		Media dei 4 saggi 138, 139, 140		Media dei 3 saggi 160, 161, 162	
	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00	—	0,00	—	—	—	0,00	—	0,00	—	0,07	—
2	0,00	—	0,00	—	—	—	0,00	—	0,00	—	0,20	—
3	0,00	—	0,00	—	—	—	0,00	—	0,05	—	0,32	—
4	0,10	—	0,00	—	—	—	0,00	—	0,18	—	0,43	—
5	0,20	—	0,14	—	—	—	0,22	—	0,30	—	0,53	—
6	0,40	—	0,27	—	—	—	0,28	—	0,40	—	0,63	—
7	0,40	—	0,40	—	0,12	—	0,45	—	0,53	—	0,73	—
8	0,50	—	0,50	—	0,26	—	0,58	—	0,68	—	0,83	—
9	0,62	—	0,65	—	0,50	—	0,58	—	0,83	0,07	0,93	—
10	0,75	—	0,80	0,10	0,77	0,20	0,88	—	1,10	0,23	1,17	0,13
11	0,90	—	1,23	0,26	1,15	0,42	1,10	—	1,53	0,62	1,55	0,40
12	1,05	—	2,03	0,81	1,75	0,44	1,15	0,26	2,50	1,40	2,18	0,93
13	1,15	—	4,00	2,55	3,03	1,06	2,27	0,95	4,23	2,08	3,12	2,06
14	1,50	0,13	7,87	6,12	5,63	4,25	4,24	2,78	8,67	7,00	6,03	4,13
15	3,00	1,40	15,97	13,73	12,40	10,63	7,13	5,87	16,17	14,42	10,08	9,08
16	4,90	3,12	24,50	22,75	21,15	19,57	12,15	9,67	21,08	22,93	17,12	14,93
17	7,05	5,72	36,50	34,70	32,12	31,00	20,73	18,73	38,20	36,15	26,12	23,81
18	11,97	9,75	41,33	47,00	46,33	44,88	30,08	25,92	54,83	52,00	37,17	34,95
19	17,08	14,80	61,58	60,58	59,12	54,91	40,17	37,58	69,75	66,67	49,25	46,08
20	21,80	21,22	76,38	75,75	75,67	73,21	52,75	50,00	88,08	84,50	65,08	61,83
21	30,92	28,08	97,83	91,50	89,00	85,[illegible]	67,42	63,75	—	—	—	—
22	40,67	36,78	116,17	112,67	107,50	103,70	79,92	76,78	—	—	—	—
23	51,17	47,42	138,67	134,17	128,[illegible]	123,40	97,67	93,92	—	—	—	—
24	63,33	59,78	—	—	150,00	146,00	116,50	112,83	—	—	—	—
25	—	—	—	—	173,40	162,00	135,00	130,75	—	—	—	—
26	—	—	—	—	201,20	197,00	163,25	158,50	—	—	—	—
Sforzo al limite d'elasticità . . chilogr.	13		9,33		10,00		11,00		9,00		9,33	
Allungamento corrispondente . millesimi.	1,35		0,72		0,73		1,10		0,83		1,00	
Coefficiente d'elasticità	9629		12958		13698		10000		10836		9333	
Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva . . . . chilogr.	26,07		26,70		29,61		26,06		21,80		20,85	
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura . . . . »	30,18		34,70		40,32		31,30		25,58		22,99	
Allungamento alla rottura . . . millesimi	116,90		200,00		167,00		170,00		126,70		77,50	
Rapporto sezione di rottura alla primitiva . . . . p. %	89,10		77,00		73,11		81,85		85,20		90,80	
Analisi, Per 100 lega, Stagno	9,91		8,59		9,98		9,07		9,39		0,81	
Analisi, Per 100 lega, Zinco .	0,25		—		—		1,71		1,44		1,68	
Densità, Apparente	8,86		8,65		8,73		8,08		8,60		8,54	
Densità, Assoluta	8,98		9,06		8,91		8,72		8,79		8,92	
Vani nei saggi per 100	1,26		4,98		2,02		0,44		2,15		4,42	
Grado di durezza	5,8		4,90		4,60		5,10		4,60		5,10	
Sforzo al limite di coesione . . chilogr.	14		11,33		11,66		12,33		11,33		11,33	

In questo specchio si sono distinte le bocche da fuoco in due gruppi, corrispondentemente alla divisione fatta per quelli gettati in forme di terra:

Il 1°, comprendente l'obice da cent. 22, come bocca da fuoco di gran calibro;

Il 2°, composto dei cannoni di piccolo calibro, comprendendo fra questi il tubo da cent. 24, che per la sua piccola grossezza di 5 cent. doveva nel raffreddamento comportarsi come un cannone di piccolo calibro.

Si distinse ancora questo secondo gruppo in due, cioè: getti senza zinco, e getti con zinco.

Dall'esame poi delle curve medie, risulta all'evidenza la superiorità di tutti i cannoni gettati in pretella sugli altri, poichè le curve riferentisi a tali cannoni trovansi tutte distintamente staccate; l'obice da cent. 22 specialmente, dà i migliori risultati.

A rendere più facile il paragone, farò dapprima il confronto dei cannoni di gran calibro gettati in terra, con quelli gettati in pretella, e quindi il confronto fra i cannoni di piccolo calibro pure gettati nei due modi.

Cannoni di gran calibro.

Nello specchio riassuntivo seguente ho riunito i risultati parziali dei cannoni di gran calibro gettati in terra, e quelli dell'obice da cent. 22 gettato in pretella.

Notiamo dapprima, che il titolo dell'obice da cent. 22, N° 1009, fuso in pretella, è di 9,91, inferiore cioè a quello dei 5 cannoni di paragone, e soltanto superiore a quello dell'obice da cent. 22, N° 995.

ESPERIENZE PER TRAZIONE SUCCESSIVAMENTE SINO ALLA ROTTURA

Confronto dei risultati ottenuti sperimentando artiglierie di gran calibro gettate con raffreddamento lento e rapido.

DATI RELATIVI ALLE ARTIGLIERIE DI GRAN CALIBRO			Numero delle artiglierie	Vani p. 100 nei saggi	Numero dei saggi per cadun cannone	Stagno contenuto p. 100 lega	Densità apparente	Resistenza elastica: Sforzo per millimetro quadr.	Resistenza elastica: Allungamento in millesimi	Resistenza elastica: Coefficiente di elasticità	Sforzo di rottura alla sezione: Primitiva	Sforzo di rottura alla sezione: Di rottura	Allungamento alla rottura in millesimi	Rapporto della sezione di rottura alla primitiva per 100	Grado di durezza	Sforzo al limite di coesione
GETTATI IN FORME DI TERRA	Fusi in vecchi forni. Forme interrate	Cannone da cent. 15. Anno 1784...	1454	2,12	3	12,77	8,77	10,00	0,95	10527	14,70	15,00	72,5	96,1	5,90	12
		» » 1839...	4534	1,04	6	11,33	8,65	6,00	0,94	6383	13,40	14,30	80,0	93,3	4,20	11
		» » 1821...	3068	1,50	3	10,26	8,77	9,00	1,00	9000	17,75	19,77	97,5	91,7	5,40	12
		Media.........	—	1,55	12	11,45	8,73	8,33	0,96	8637	15,22	16,36	84,3	93,7	5,17	11,67
	Forni a riverbero. Forme non interrate	Cannone da cent. 16. Anno 1862...	7623	2,02	3	10,38	8,71	9,50	0,95	10000	15,30	17,00	50,5	89,7	4,60	11
		Obice da cent. 22. Id. 1870 ..	985	3,34	3	9,19	8,73	9,30	0,93	10000	20,50	27,50	176,0	80,8	4,00	11
		Media	—	2,98	6	9,93	8,72	9,40	0,94	10000	17,90	22,25	113,2	85,2	4,30	11
GETTATO IN PRETELLA		Obice da cent. 22. Anno 1871.	1009	1,26	3	9,91	8,86	13,00	1,35	9629	26,97	30,18	116,8	89,1	5,8	14

Confronto per titolo uguale. — Per avere un confronto più prossimo al vero, paragoniamo i risultati dell'obice in pretella, colla media dei risultati delle artiglierie gettate in forme di terra non interrate, ed il cui titolo medio è 9,93; ne risulta che:

L'obice gettato in pretella è superiore in densità, ed anche in compattezza, poichè i suoi vani p. °|₀ sono inferiori di più della metà a quelli che rinvengonsi nelle artiglierie colle quali è confrontato;

Il coefficiente d'elasticità è prossimamente uguale nei due casi; ma lo sforzo al limite d'elasticità è, per l'obice in pretella, di 13 chilog., mentre per gli altri cannoni questo sforzo è di soli chilog. 9,40;

L'obice si è dimostrato superiore in tenacità nel rapporto di 27 a 18, cioè del 50 p. °|₀;

Esso è poi molto superiore nel limite di coesione.

Confronto per titolo diverso. — Se confrontiamo l'obice da centimetri 22 in pretella, tanto con cannoni di titoli diversi, che coll'obice N° 995, il quale ha un titolo inferiore, ed eziandio col cannone N° 1454 che ha un titolo eccezionalmente maggiore, risulta che:

L'obice in pretella è superiore a tutti nella densità, nella compattezza, nello sforzo al limite di elasticità e di coesione, e nella tenacità; nella durezza è soltanto inferiore al cannone N° 1454, che ha un titolo eccezionalmente elevato.

Da questo confronto rimane stabilita evidentemente la superiorità del raffreddamento rapido per i cannoni di gran calibro.

Cannoni di piccolo calibro.

Nello specchio riassuntivo seguente, formato su identiche basi, troviamo gli elementi necessari pel confronto.

RISULTATI MEDII degli esperimenti per trazione longitudinale successivamente sino alla rottura. — Confronto dei cannoni di piccolo calibro gettati in forme di terra ed in pretella.

DATI RELATIVI ALLE ARTIGLIERIE DI PICCOLO CALIBRO			Numero dei cannoni	Numero dei saggi per caduu cannone	Analisi per 100 lega		Densità apparente	Vani per 100 nei saggi	Resistenza elastica			Sforzo di rottura per mill. q. della sezione		Allungamento alla rottura in millesimi	Rapporto della sezione di rottura alla primitiva per 100	Grado di durezza	Sforzo al limite di coesione
					Stagno	Zinco			Sforzo per mill. quad.	Allungamento in millés.	Coefficiente di elasticità	Primitiva	Di rottura				
GETTATI IN FORME DI TERRA		Cannone da cent. 9. Anno 1860....	906	3	9,17	—	8,86	0,96	11,00	0,96	11458	26,00	36,8	254	71,1	4,50	12
		» » 1865....	2582	4	8,91	—	8,64	2,72	7,00	0,33	11000	17,40	19,9	00	88,1	4,10	10
		MEDIA.......	—	7	9,04	—	8,75	1,49	9,00	0,64	11229	21,7	28,3	172	79,6	4,30	11
GETTATI IN PRETELLA	Senza zinco	Cannone da cent. 7,5 (Comitato.. .	1008	3	9,28	—	8,73	2,02	10,00	0,73	13608	29,61	40,32	367	73,40	4,60	11,66
		» (Zanolini) ..	1004	3	8,59	—	8,64	4,92	9,33	0,72	12958	26,70	34,70	260	77,90	4,20	11,33
		MEDIA......	—	6	8,94	—	8,69	3,47	9,67	0,72	13328	28,1	37,51	313	75,7	4,40	11,50
	Con zinco	Cannone da cent. 7,5 (Rosset).... .	1006	3	9,81	1,68	8,54	4,42	9,33	1,00	9333	20,85	23,00	77,50	98,8	5,10	11,33
		» (id.)	1005	3	9,39	1,14	8,60	2,15	9,00	0,85	10808	21,80	25,60	126,70	85,2	4,60	11,33
		Tubo da cent. 24	7	3	9,07	1,71	8,68	0,44	11,00	1,10	10000	26,06	31,30	170,00	83,9	5,19	12,33
		MEDIA....	—	9	9,42	1,61	8,61	2,34	9,78	0,98	10057	22,9	26,63	124,7	86,7	4,93	11,66

I cannoni gettati in forme di terra sono di titoli poco diversi, cosicchè possiamo riferirci alla loro media. Distingueremo però fra i cannoni gettati in pretella quelli senza zinco e quelli gettati con zinco.

Cannoni senza zinco. — I cannoni di piccolo calibro raffreddati rapidamente sono:

Alquanto inferiori in densità e compattezza, il che è dovuto al titolo molto basso del cannone N° 1004, titolo che è soltanto di 8,59;

Alquanto superiori in clasticità;

Molto superiori in tenacità, cioè nel rapporto di 28,1 a 21,7;

Prossimamente di uguale durezza;

Superiori nello sforzo al limite di coesione.

I cannoni in pretella e senza zinco sono adunque superiori agli altri.

Cannoni con zinco. — Questi dimostransi inferiori per densità, per compattezza e per elasticità, ma si mantengono alquanto superiori per tenacità, per durezza e per sforzo al limite di coesione.

Intorno ai cannoni di piccolo calibro in pretella, si può adunque conchiudere che lo zinco ha una parte ancora non ben definita, e, gettati senza zinco, sono indubbiamente superiori ai cannoni a lento raffreddamento.

§ III.

Esperienze per trazione direttamente alla rottura.

Dallo specchio parziale N° 15 contenente i risultati dei saggi esperimentati direttamente alla rottura, ricavando le medie per ogni bocca da fuoco di grande e di piccolo calibro gettata in pretella, e confrontando queste medie con quelle totali di tutti i saggi delle artiglierie gettate in forme di terra, e sottoposte alle medesime esperienze, abbiamo lo specchio riassuntivo seguente:

Risultati medii degli esperimenti per trazione longitudinale direttamente alla rottura. — Confronto tra le artiglierie gettate in pretella ed in forme di terra.

Dati relativi alle artiglierie	Numero delle artiglierie	Numero dei saggi componenti la media per caduno cannone	Analisi per 100 leghe: Stagno	Analisi per 100 leghe: Zinco	Densità: Apparente	Densità: Assoluta	Vani nei saggi per 100	Rottura: Sforzo sulla sezione: Primitiva	Rottura: Sforzo sulla sezione: Di rottura	Rottura: Ultimo allungamento	Rottura: Rapporto della sez. di rottura alla primitiva p. 100	Grado di durezza
Artiglierie di gran calibro												
Getto — In pretella. — Obice da cent. 22, Torino. Anno 1871	1009	1	10,07	—	8,84	8,97	1,52	33,4	41,2	230,0	81,0	5,4
Getto — In terra. — Media di tutte le artiglierie	—	26	10,54	—	8,68	8,91	2,31	21,8	25,8	181,5	86,9	4,2
Cannoni di piccolo calibro												
Getto in pretella — Senza zinco — Cannone da cent. 7,5 (Comitato). Anno 1871	1008	1	9,28	—	8,76	8,91	1,69	33,4	43,0	459	77,2	4,3
Getto in pretella — Senza zinco — id. (Zanolini). » 1871	1004	1	8,81	—	8,65	9,07	4,86	32,8	53,9	500	61,0	4,9
Getto in pretella — Senza zinco — Media	—	2	9,04	—	8,70	8,99	3,27	33,1	48,2	479	69,1	4,9
Getto in pretella — Con zinco — Cannone da cent. 7,5 (Rosset). Torino. Anno 1871	1006	3	9,91	..	8,60	8,92	3,83	27,9	33,0	209	83,0	4,7
Getto in pretella — Con zinco — id. (id.) » 1871	1005	1	9,20	1,45	8,67	8,79	1,37	32,5	42,8	493	76,0	4,8
Getto in pretella — Con zinco — Tubo da cent. 24 » 1871	T	8	9,18	1,97	8,68	8,84	1,93	32,1	40,4	303	78,4	4,9
Getto in pretella — Con zinco — Media	—	6	9,60	1,63	8,65	8,85	2,38	30,8	39,0	342	79,4	4,6
Getto in forme di terra — Media di tutti i cannoni	—	12	9,64	—	8,75	8,91	1,85	21,9	26,5	213	85,6	4,3

Vediamo da ciò che fra le bocche da fuoco di gran calibro, quella gettata in pretella è superiore a quelle gettate in terra, in densità, in compattezza, in durezza ed in tenacità, e l'aumento di quest'ultima è circa del 50 p. °|₀.

In quanto ai cannoni di piccolo calibro, tanto gettati senza zinco che con zinco, essi hanno la stessa superiorità di circa il 50 p. °|₀ nella tenacità, e sono eziandio più duri; soltanto in densità, quelli gettati con zinco sono alquanto inferiori.

In conclusione, le prove per trazione diretta rendono pure evidenti tutti i vantaggi delle bocche da fuoco a raffreddamento rapido.

Se confrontansi le tenacità medie delle artiglierie gettate in pretella, ed esperimentate colle prove successive e dirette, si ha lo specchio riassuntivo seguente:

Paragona della resistenza media alla rottura di tutta le artiglierie gattate in pretella ricavato da asperienze fatta direttamente e successivamenta sino alla rottura.

DATI RELATIVI ALLE ARTIGLIERIE	Esperienze alla rottura	
	direttamente	successivamente
Gettate in pretella	Chil.	Chil.
Obice da cent. 22 Anno 1871 N° 1009	33,4	27,0
Cannone » 7,5 » 1871 » 1006	27,9	20,9
» » » » 1871 » 1005	32,5	21,8
Tubo da cent. 24 » 1871 » T	32,1	26,1
Cannone » 7,5 » 1871 » 1004	32,8	26,7
» » » » 1871 » 1008	33,4	29,6
MEDIE . . .	32,0	25,4

Da cui si ricava che la tenacità è sempre maggiore nei saggi esperimentati alla trazione diretta; tenendo conto delle medie, la differenza risulta del 26 p. °|₀ in più.

§ IV.

Conclusioni.

Esaminati così i risultati delle esperienze esposte in questo Titolo, riassumiamo in un solo specchio le medie parziali avute dalle singole artiglierie gettate in forme di terra ed in pretella, non tenendo conto di quelle gettate con zinco, e senza distinzione di calibro: avremo così il mezzo di paragonare tutte le medie generali ottenute operando per trazione sino alla rottura, tanto con sforzi successivi che con sforzi diretti:

		Artiglierie gettate	
		in forme di terra	in pretella (senza zinco)
Per sforzi successivi	Tenacità per mill. quad. della sezione . . . . Chil.	17,8	27,8
	Rapporto della sezione di rottura alla primitiva p. °/₀ .	87,3	84,0
	Sforzo al limite di elasticità . . . . Chil.	8,83	10,8
	Allungamento elastico . . . . Milles.	0,87	0,93
	Coefficiente di elasticità	10150	11600
	Sforzo al limite di coesione . . . . Chil.	11,4	12,3
	Densità	8,73	8,74
	Vani nei saggi p. °/₀	1,94	2,73
	Durezza	4,7	4,9
Per sforzi diretti	Tenacità per mill. quad. della sezione . . . Chil.	22,0	33,2
	Rapporto della sezione di rottura alla primitiva p. °/₀ .	87,0	76,0
	Densità	8,74	8,75
	Vani nei saggi p. °/₀	2,06	2,69
	Durezza	4,5	4,6

Dai risultati quindi di queste esperienze, risultati cui vennero a conferma quelli di altre esperienze che riferiremo in seguito, si può conchiudere che il pronto raffreddamento dovuto al getto in pretella è evidentemente vantaggioso, poichè migliora tutte le proprietà del bronzo,

e lo sarà anche maggiormente con un aumento nel titolo attuale dello stagno.

Finalmente, convien notare come, coll'adozione del getto in pretella delle artiglierie tanto di piccolo che di grande calibro, si conseguisca un vantaggio economico non indifferente, poichè si fa a meno del modello in gesso, necessario pel modellamento in terra cotta; si risparmiano la forma, le spese di cottura, ecc., e con un numero ristretto di pretelle, ogni due giorni si può eseguire una fondita. Studiate bene le dimensioni interne più appropriate, si eviteranno gli errori di costruzione delle forme, e si diminuirà molto il lavoro di tornitura, giacchè si può ridurre d'assai la grossezza del bronzo, riuscendo esso perfettamente sano anche a contatto della pretella.

In conclusione, questo sistema presenta, a parer mio, tali vantaggi tecnici ed economici, da farlo adottare definitivamente per la fondita delle bocche da fuoco di bronzo.

Titolo V.

ESPERIENZE SU LEGHE DI BRONZO TERNARIE FUSE AL CROGIUOLO E COMPOSTE CON RAME, STAGNO E ZINCO

§ I.

Generalità.

Osservazioni preliminari. — Come già abbiam notato, negli antichi cannoni s'incontra spesso lo zinco, anche in proporzioni assai grandi. Molti fonditori credettero vantaggiosa l'aggiunta dello zinco al bronzo ordinario da cannoni, sostenendo che ciò rendesse il bronzo più duro, più tenace e compatto. Anche nei tempi attuali, la quistione è tuttora in via di studio, ed ultimamente in Russia si fecero numerose esperienze al riguardo.

L'introduzione dello zinco, metallo che si volatilizza facilmente, arreca un elemento difficile a regolarsi in proporzioni definite; e perciò, quand'anche trovinsi leghe ternarie migliori del bronzo ordinario, non si può per questo conchiudere in modo assoluto sulla loro adozione, prima che esperimenti eseguiti su larga scala vengano a dimostrare che, nella fabbricazione, si possa ottenere quella regolarità di composizione necessaria ad evitare differenze assai grandi fra getto e getto. A rischiarare la quistione, si esperimentarono alcune leghe di rame, stagno e zinco, e si riferiscono qui i risultati ottenuti.

I primi esperimenti sulle leghe ternarie furono intrapresi contemporaneamente a quelli citati nel Titolo precedente, e si eseguirono sopra varie leghe composte di rame, stagno e zinco.

Per formare queste leghe, si preparava un bagno di bronzo formato di rame e stagno messi separatamente nel crogiuolo, e quando questo

bagno era fuso, si aggiungeva lo zinco; dopo pochi minuti, si gettavano le leghe nelle pretelle di ghisa della forma Fig. 1ª e 2ª, Tav. XXIVª.

Questi esperimenti non essendo riusciti, si ravvisa inutile di darne qui la descrizione; poichè le anomalie furono così notevoli da renderne illusorie le deduzioni. Causa di questa non riuscita fu che lo zinco, nell'essere aggiunto al bagno, in gran parte si volatilizzava, e la composizione dei getti riusciva affatto diversa da quella che si voleva, ed in modo molto variabile. Per altra parte, il getto in pretelle piccole ebbe inconvenienti uguali a quelli che abbiam citati, parlando delle esperienze preliminari nei varii titoli del bronzo.

Constatati questi fatti, si abbandonò tosto l'erroneo procedimento, ed ebbero luogo le esperienze seguenti.

§ II.

Esperienze.

Preparazione delle leghe. — Invece di aggiungere lo zinco isolatamente nel bagno, lo si aggiunse allo stato di ottone.

L'ottone era preparato nel modo seguente: si riscaldava il rame in pani sino al rosso, quindi lo s'introduceva nei crogiuoli, aggiungendovi lo zinco in pani nella proporzione di 30 parti di zinco per 70 di rame; coperto immediatamente il crogiuolo, si eseguiva la fusione nel minor tempo possibile; poscia si estraevano i crogiuoli dal forno, si rimescolava il bagno, e si gettava in pretelle orizzontali delle dimensioni necessarie perchè i pani avessero ognuno il peso di circa 15 chilog.

Ogni pane veniva quindi *analizzato* ed *annotato* con marche speciali.

Si preparavano quindi come segue le leghe ternarie:

Il caricamento per caduna lega prefissa era preparato con rame, stagno ed ottone, in proporzioni tali fra di loro che, tenendo conto di quella dello zinco nell'ottone data dalle analisi dei rispettivi pani, vi fosse la giusta proporzione dei tre metalli.

Si caricava il crogiuolo col rame solo, dopo preventivo riscaldamento, come per le esperienze descritte al Titolo III, § III, e si aggiungeva lo stagno e l'ottone contemporaneamente; dopo la fusione ed il rimesco-

lamento fatto alacremente, si gettava un cilindro del diametro di 150 mill. come si è pur detto al Titolo III, § III, usando le sole pretelle grandi di ghisa.

Con questo sistema, se le proporzioni dei 3 metalli pei getti non corrispondevano in modo esattissimo a quelle dei caricamenti, vi si accostavano però sensibilmente.

Composizione delle leghe esperimentate, loro distinzione. — Si esperimentarono 7 leghe diverse, combinate *a priori* dietro principii che saranno svolti in seguito. Si aveva con ciò per iscopo di studiare l'influenza delle varie proporzioni dei tre metalli, non tanto per trovare qual fosse la lega più conveniente, quanto per dedurne le leggi più generali; si riservava ad esperienze posteriori la determinazione della lega più adatta per i cannoni, qualora queste prime esperienze dessero buoni risultati.

Le leghe furono distinte colle marca NL, quindi con un numero frazionario, il cui numeratore indicava la proporzione dello stagno, ed il denominatore quella dello zinco, per 100 parti formanti il caricamento totale dei tre componenti.

Lo specchietto qui sotto indica la formazione delle varie leghe, ed i risultati medii dell'analisi fatta sui saggi di ciascuna di esse:

Distinzione, composizione ed analisi delle leghe.

		NL $^7/_3$	NL $^7/_6$	NL $^7/_9$	NL $^7/_{12}$	NL $^9/_3$	NL $^9/_6$	NL $^{11}/_3$
Composizione del caricamento per 100	Stagno	7	7	7	7	9	9	11
	Zinco .	3	6	9	12	3	6	3
	Ramo.	90	87	84	81	88	85	86
Analisi media dei tre saggi per lega	Stagno	7,53	6,87	6,74	7,13	8,21	8,10	11,47
	Zinco .	2,97	5,62	8,23	11,08	1,04	5,38	2,56
	Rame.	89,50	87,51	85,03	81,79	90,75	86,52	85,97

Si vede che, eccetto nella lega NL $^9|_3$, lo zinco si mantenne assai prossimo alla proporzione voluta; in generale, esso diminuì alquanto, e così pure lo stagno.

Le variazioni di composizione essendo di lieve momento, e non trattandosi qui di esperimentare leghe definite, ma di cercare l'influenza dei

varii metalli della lega, abbiamo già modo di far questo studio con bastante esattezza.

Numero dei saggi ricavati. — Ogni cilindro fu diviso longitudinalmente in 4 parti; con tre di esse si costrussero 3 saggi lunghi e colla quarta un saggio corto, uguali ai sin qui esperimentati.

Collaudati, numerati e preparati nel modo solito, tali saggi furono sottoposti agli esperimenti di trazione, di durezza, ecc.

Omogeneità delle leghe. — Lo specchio parziale N° 19 contiene tutti i risultati per ogni saggio, avuti dalle prove per trazione successiva.

Ricaviamo da detto specchio le differenze fra i massimi ed i minimi dei saggi d'una stessa lega, in quanto a composizione, peso specifico, compattezza e tenacità; avremo così il mezzo di confrontare l'omogeneità di caduna lega.

Differenze fra i massimi e minimi.

		NL $^{7}/_{3}$	NL $^{7}/_{6}$	NL $^{7}/_{9}$	NL $^{7}/_{12}$	NL $^{9}/_{3}$	NL $^{9}/_{6}$	NL $^{11}/_{3}$
Per 100 lega	Stagno	0,220	0,393	0,126	0,158	0,168	0,843	0,689
	Zinco .	0,018	0,016	0,006	0,010	0,010	0,014	0,615
Peso specifico		0,012	0,010	0,009	0,011	0,026	0,007	0,034
Vani ne' saggi p. %. .		0,32	0,58	1,84	1,77	1,82	1,84	0,22
Tenacità . . . . . Chil.		0,30	1,50	1,40	2,80	1,90	3,40	3,30

Nelle 4 prime leghe NL $^{7}|_{3}$, $^{7}|_{6}$, $^{7}|_{9}$, $^{7}|_{12}$, nonchè nelle due leghe NL $^{9}|_{3}$, $^{2}|_{6}$ in cui fu mantenuta costante la proporzione dello stagno, mentre quella dello zinco andò gradatamente aumentando, si rileva che i distacchi fra i massimi ed i minimi dei vani e delle tenacità dei saggi d'ogni lega, vanno crescendo coll'aumento dello zinco. Un tal fatto indica chiaramente che questo aumento, per le leghe da noi considerate, ha per effetto di rendere la massa del getto meno uniforme per compattezza e per tenacità, il che è pure indizio che ne va scemando l'omogeneità.

Conviene ora osservare le medie dei risultati forniti dai tre saggi lunghi per caduna lega, considerando il problema nei varii aspetti sotto cui si presenta; ricercando cioè:

L'influenza dell'aumento totale dello stagno e dello zinco, in sostituzione di altrettanto rame nelle leghe;

L'influenza delle proporzioni relative del rame e dello zinco, per quantità uguali di stagno;

L'influenza della sostituzione dello zinco ad una parte dello stagno, per quantità uguali di rame.

Influenza dell'aumento dello stagno e dello zinco addizionati in sostituzione di altrettanto rame. — Nello specchio riassuntivo seguente, ricavato da quello parziale N° 19, le leghe sono ordinate secondo le quantità crescenti dello stagno e dello zinco addizionate; esso contiene i risultati medii dei saggi di caduna lega. Nella Tav. XXVI^a^ son tracciate le corrispondenti curve degli allungamenti momentanei.

RISULTATI MEDII di trazione longitudinale successivamente sino alla rottura con saggi di leghe di rame, stagno, zinco fuse al crogiuolo e gettate in pretella.

(*Allungamenti in millesimi; 3 saggi per lega di 200 mill. di lunghezza colla sezione di 500 mill. quad*)

Distinzione e marche delle leghe	9L 9/3		NL 7/3		NL 7/6		NL 9/6		NL 11/3		NL 7/9		NL 7/17	
Per 100 lega { Stagno	8,21		7,53		6,87		8,42		44,47		0,47		7,12	
Per 100 lega { Zinco	1,04		2,97		5,62		5,38		2,56		2,56		12,08	
Id. Totale stagno e zinco	9,25		10,50		12,49		13,48		14,09		15,37		18,21	
Sforzo in chilogrammi per mill. quad. della sezione	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00	—	—	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—
2	0,00	—	—	—	0,07	—	0,05	—	0,06	—	0,00	—	0,13	—
3	0,00	—	—	—	0,15	—	0,18	—	0,20	—	0,20	—	0,28	—
4	0,20	—	0,22	—	0,32	—	0,40	—	0,35	—	0,38	—	0,43	—
5	0,33	—	0,42	—	0,43	—	0,53	—	0,47	—	0,53	—	0,55	—
6	0,45	—	0,52	—	0,53	—	0,63	—	0,57	—	0,67	—	0,65	—
7	0,57	—	0,68	—	0,68	—	0,73	—	0,67	—	0,77	—	0,75	—
8	0,67	—	0,75	—	0,77	—	0,83	—	0,78	—	0,88	—	0,88	—
9	0,80	—	0,85	—	0,87	0,03	0,93	—	0,88	—	1,17	0,18	1,00	—
10	0,95	—	1,00	—	1,02	0,13	1,03	—	1,00	—	1,52	0,47	1,25	0,22
11	1,15	0,08	1,23	0,20	1,45	0,48	1,32	0,25	1,12	—	2,18	1,08	1,68	0,62
12	1,58	0,52	1,63	0,53	2,22	1,10	1,67	0,53	1,30	0,07	3,83	2,63	2,47	1,32
13	2,62	1,48	2,55	1,40	4,25	2,98	2,53	1,35	1,52	0,18	6,71	5,45	4,38	3,08
14	4,55	3,30	5,05	3,73	8,37	6,83	4,30	3,05	1,88	0,47	11,23	9,73	6,98	5,42
15	8,42	6,97	9,38	7,88	14,10	12,30	7,45	5,90	2,58	1,08	17,47	15,62	10,17	8,75
16	12,55	11,82	16,57	14,88	22,25	20,25	11,48	9,67	3,78	2,90	25,12	22,95	15,52	13,45
17	20,33	18,75	25,87	23,95	31,50	29,25	16,67	14,63	5,33	3,58	34,75	32,33	21,98	19,60
18	28,85	26,57	36,25	33,83	41,25	38,58	23,08	20,85	7,58	5,65	45,28	42,58	30,42	27,78
19	37,25	34,67	47,62	44,92	51,83	48,92	30,75	28,25	10,47	8,30	56,92	53,92	39,92	37,00
20	46,53	43,65	58,75	56,92	64,00	60,67	39,50	36,67	14,08	11,72	69,17	65,81	51,17	48,00
21	57,95	54,08	72,25	69,08	77,42	73,83	49,17	46,08	18,08	15,50	82,67	78,92	64,17	60,67
22	69,08	65,67	86,83	83,42	92,08	88,25	59,75	56,33	23,42	20,58	98,67	94,58	—	—
23	82,75	79,08	102,50	98,83	108,83	104,25	72,83	67,08	29,83	26,75	—	—	—	—
24	97,83	93,83	119,42	115,17	126,00	121,42	84,58	80,50	—	—	—	—	—	—
25	115,25	110,92	139,67	135,33	146,25	141,33	98,00	93,83	—	—	—	—	—	—
26	134,00	129,25	160,25	155,67	168,10	162,67	—	—	—	—	—	—	—	—
27	155,25	150,00	185,17	180,08	192,67	186,83	—	—	—	—	—	—	—	—
28	180,50	175,00	213,17	207,85	222,17	215,75	—	—	—	—	—	—	—	—
29	208,50	202,58	241,33	237,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	244,67	238,08	280,25	274,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sforzo al limite d'elasticità chilog.	10,67		10,00		9,00		10,00		11,67		8,00		9,00	
Allungamento corrispondente . . . . milles.	1,03		1,00		0,85		1,03		1,22		0,88		1,00	
Coefficiente d'elasticità . .	10359		10000		10588		9709		9566		9091		9000	
Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva chilog.	31,50		32,90		29,00		27,60		26,20		23,00		22,00	
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura milles.	41,9		53,3		38,9		32,3		27,80		26,8		25,3	
Allungamento alla rottura milles.	314,70		431,70		265,00		153,30		57,50		115,00		92,00	
Rapporto sezione di rottura alla primitiva . . p. %	78,80		81,70		74,60		86,10		94,40		85,70		90,70	
Densità { Apparente . . .	8,817		8,852		8,750		8,822		8,812		8,686		8,735	
Densità { Assoluta	8,940		8,900		8,911		9,033		8,883		8,804		8,842	
Vani nei saggi per 100 . .	1,40		1,50		0,59		1,17		0,80		1,36		1,22	
Grado di durezza	5,37		4,87		4,87		5,57		6,73		4,70		5,63	
Sforzo al limite di torsione chil.	12		12		11,66		10		14,33		10,33		11	

Dall'esame di questo specchio, si osserva che, crescendo al di là di circa 10 ¹/₂ p. °|₀, il totale dello stagno e dello zinco riuniti, diminuiscono sensibilmente ed assai regolarmente:

Il coefficiente d'elasticità;

La tenacità;

L'allungamento alla rottura;

Il peso specifico.

Aumenta invece il rapporto della sezione di rottura alla primitiva, il che indica un aumento di durezza (1).

Rimangono sempre senza rapporto ben definito la compattezza e lo sforzo al limite di coesione.

Le due leghe che dimostransi migliori, sono quelle NL ⁹|₃, NL ⁷|₃, in cui i titoli dello stagno e dello zinco, riconosciuti nelle analisi, sono inferiori all'11 p. °|₀.

Pare adunque possa affermarsi che la diminuzione del rame e l'aumento contemporaneo dello stagno e dello zinco riuniti, diminuiscono la tenacità, quando il totale di questi due metalli nella lega supera l'11 p. °|₀; aumentano invece lo sforzo al limite d'elasticità e la durezza.

Influenza delle proporzioni relative del rame e dello zinco per quantità uguali di stagno nelle leghe. — Dallo stesso specchio riassuntivo, ricavando i dati finali delle leghe contenenti quantità pressochè uguali di stagno, avremo lo specchietto seguente:

(1) Devesi ritenere, come regola generale, che la durezza è indicata più esattamente da questo rapporto, che non lo sia dalle misure prese col coltello; quest'ultimo modo di calcolarla essendo variabile nei suoi risultati, a seconda del punto ov'è prodotto l'intaglio.

Leghe ternarie ordinate per quantità uguali di stagno.

Distinzione e marche delle leghe .	NL $^7/_3$	NL $^7/_6$	NL $^7|_9$	NL $^7/_{12}$	NL $^8/_1$	NL $^8/_5$
Per 100 lega { Stagno	7,53	6,87	6,74	7,13	8,21	8,10
Per 100 lega { Zinco	2,97	5,62	8,83	11,08	1,04	5,38
Id. totale stagno e zinco	10,50	12,49	15,57	18,21	9,25	13,48
Sforzo al limite d'elasticità chilog.	10,00	9,00	8,00	9,00	10,67	10,00
Allung.° corrispondente milles.	1,06	0,85	0,88	1,00	1,03	1,03
Coefficiente d'elasticità . . .	10000	10588	9091	9000	10359	9709
Sforzo di rottura riferita alla sezione primitiva . . chilog.	32,90	29,00	23,00	22,00	31,50	27,80
Sforzo di rottura riferita alla sezione di rottura . . chilog.	53,3	38,90	26,80	25,30	41,50	32,30
Allung.° alla rottura . milles.	431,70	255,00	115,00	92,00	314,70	153,30
Rapporto sezione di rottura alla primitiva per 100	61,70	74,60	85,70	90,70	76,80	86,10
Densità . . { Apparente . . .	8,852	8,759	8,686	8,735	8,817	8,829
Densità . . { Assoluta . . .	8,990	8,811	8,804	8,842	8,940	8,933
Vani nei saggi per 100 . . .	1,36	0,59	1,36	1,22	1,40	1,17
Grado di durezza	4,87	4,87	4,70	5,63	5,37	5,57
Sforzo al limite di coesione . .	12,00	11,66	10,33	11,00	12,00	12,00

Abbiamo due gruppi da considerare:

Il primo, con una proporzione di circa 7 p. °|₀ di stagno, ed in cui lo zinco cresce prossimamente come i numeri 3 : 6 : 9 : 11; il secondo, con una proporzione di circa 8 p. °|₀ di stagno, in cui l'aumento dello zinco è circa di 1 a 5; nei due gruppi, lo zinco sostituisce una quantità corrispondente di rame su 100 di lega.

In ambedue si osserva che, coll'aumento dello zinco, decrescono la elasticità, la tenacità, la duttilità e la densità; aumenta per contro la durezza, poichè diminuisce il rapporto della sezione di rottura a quella primitiva.

Non devesi però trasandare l'osservazione già fatta relativamente alle due leghe NL $^7|_3$, NL $^7|_6$, che risultano le migliori.

INFLUENZA DELLA SOSTITUZIONE DELLO ZINCO AD UNA PARTE DI STAGNO PER QUANTITÀ UGUALI DI RAME NELLE LEGHE. — Per fare questo confronto, che credo il più interessante, riassumiamo i dati finali relativi alle leghe binarie, già esperimentate per lo studio del titolo del bronzo BL 9, BL 11, BL 13, di cui si trattò al Capitolo III, Titolo III, ed a quelle ternarie NL $^{9}|_{3}$, NL $^{7}|_{3}$, NL $^{7}|_{6}$, NL $^{11}|_{3}$, di cui ora ci occupiamo. Le prime sei leghe, due a due, hanno quantità di rame pressochè uguali, e per essere state fuse e gettate in ugual modo, sono nelle stesse condizioni di raffreddamento, e perciò atte al voluto confronto, come puossi rilevare dallo specchietto seguente:

Leghe ternarie ordinate per quantità uguali di rame.

Distinzione e marche delle leghe		BL 9	NL $^{9}/_{3}$	BL 11	NB $^{7}/_{3}$	BL 13	NL $^{7}/_{6}$	NL $^{11}/_{3}$
Per 100 lega	Rame	91,19	90,75	89,14	89,50	87,52	87,51	85,97
	Stagno	8,81	8,21	10,86	7,53	12,48	6,87	11,47
	Zinco	—	1,04	—	2,97	—	5,62	2,56
Sforzo al limite d'elasticità . chil.		9,66	10,67	11,33	10,00	13,00	9,00	11,67
Allung.° corrispondente . milles.		0,90	1,03	1,00	1,00	1,10	0,85	1,22
Coefficiente d'elasticità		10733	10359	11333	10000	11818	10588	9566
Sforzo di rottura . chil.		33,45	31,50	29,63	32,90	25,80	29,00	26,20
Allungamento alla rottura milles.		403,00	314,70	140,00	431,70	43,17	255,00	57,50
Rapporto sezione di rottura alla primitiva per 100		65,00	76,80	85,77	61,70	95,66	74,60	94,4
Densità apparente		8,89	8.82	8,87	8,85	8,88	8,76	8,81
Vani nei saggi per 100		0,11	1,40	0,22	1,36	1,00	0,59	0,80
Grado di durezza		5,33	5,37	6,27	4,87	6,63	4,87	6,73
Sforzo al limite di coesione		13,00	12,00	14,00	12,00	16,00	11,66	14,33

Si hanno così da esaminare tre gruppi di leghe contenenti proporzioni di rame prossimamente di 91, 89 $^{1}|_{2}$, 87 $^{1}|_{2}$ p. $^{0}|_{0}$; ogni gruppo è formato di una lega senza zinco, e di un'altra con zinco in sostituzione di parte dello stagno; nel terzo gruppo havvi inoltre una terza lega, con proporzione maggiore di zinco in sostituzione di altrettanto stagno.

Dall'esame del primo gruppo, nel quale le leghe contengono 91 p. $^0|_0$ di rame, si ricava che l'introduzione dello zinco nella proporzione di circa $^1|_8$ dello stagno, ha peggiorato la lega; essa è meno elastica, meno tenace e più dura.

Da quello del secondo gruppo, le cui leghe contengono 89,5 p. $^0|_0$ di rame, risulterebbe che la sostituzione di circa 3 p. $^0|_0$ di zinco in luogo di uguale quantità di stagno, ha diminuito sensibilmente l'elasticità e la durezza, ma ha aumentato la tenacità.

Nel terzo gruppo, considerando da prima le due leghe con 87 $^1|_2$ p. $^0|_0$ di rame, la sostituzione di 5,60 di zinco ad altrettanto stagno ha avuto per effetto di diminuire sensibilmente la elasticità, la durezza e la densità, aumentando però la tenacità. Nella lega ternaria NL $^{11}|_3$ del terzo gruppo, che ha circa 86 p. $^0|_0$ di rame, si rileva che, comparativamente a quella binaria BL 13 senza zinco, la durezza e la tenacità sono quasi uguali; la lega stessa soltanto è meno elastica, e perciò lo zinco non l'avrebbe migliorata.

Alcune altre esperienze eseguite direttamente alla rottura. — Nello specchio seguente sono registrati i risultati degli esperimenti fatti con un solo saggio corto per lega, e con sforzi diretti alla rottura.

Esperimenti per trazione longitudinale direttamente alla rottura con leghe di rame, stagno e zinco fuse al crogiuolo e gettate in pretella.

(*Saggi lunghi 30 mill. colla sezione di 250 mill. quad. = Un saggio per lega*)

Distinzione e marche delle leghe	NL $^{9}/_{3}$	NL $^{7}/_{3}$	NL $^{7}/_{6}$	NL $^{9}/_{6}$	NL $^{11}/_{3}$	NL $^{7}/_{9}$	NL $^{7}/_{12}$
Analisi per 100 lega { Stagno .	8,21	7,53	6,87	8,10	11,47	6,74	7,13
Analisi per 100 lega { Zinco .	1,04	2,97	5,62	5,38	2,56	8,23	11,8
Totale stagno e zinco . .	9,25	10,50	12,49	13,48	14,03	14,97	18,21
Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva . chil.	35,3	35,2	33,2	31,2	26,5	28,8	26,3
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura milles.	52,8	67,2	48,6	36,6	26,7	23,3	27,9
Allungamento alla rottura »	448,5	676,2	412,5	200,0	25,5	224,5	112,5
Rapporto sezione di rottura alla primitiva per 100. .	66,8	52,4	68,0	81,6	99,2	86,4	94,0
Densità . . { Apparente . .	8,775	8,880	8,761	8,825	8,846	8,702	8,737
Densità . . { Assoluta . .	8,872	8,950	8,951	8,901	8,880	8,804	8,809
Vani nei saggi per 100 . .	1,10	0,78	2,17	0,86	0,39	1,16	0,82
Grado di durezza	4,8	4,9	4,4	5,3	6,73	4,4	5,2
Medie degli sforzi di rottura dei 3 saggi esperimentati per trazione successiva .	31,5	32,9	29,0	27,8	26,2	26,8	22,0

Da questo specchio resta confermato che, le tenacità avute dagli esperimenti fatti direttamente alla rottura, sono maggiori di quelle ricavate dalle esperienze con sforzi successivi, ed in una proporzione che varia dal 10 al 16 p. °|₀.

Sono confermate eziandio le deduzioni cui già ci condusse lo studio sulle proprietà delle leghe.

§ III.

Conclusioni.

Concretando i risultati ottenuti dalle esperienze sovra riferite, sulle leghe di rame, stagno e zinco, e confrontando queste leghe con quelle

binarie di rame e stagno, di cui si è riferito al Titolo III del presente Capitolo, si può conchiudere:

1° L'aumento totale dello stagno e dello zinco, quando supera l'11 p. °/o, è dannoso;

2° Quando il totale dello stagno o dello zinco non supera il 10 o l'11 p. °/o, la sostituzione dello zinco a parte dello stagno non pare dannosa, ove però tale sostituzione sia compresa fra l'1 ed il 3 p. °/o della lega, come si è trovato per le leghe NL $^9/_3$, NL $^7/_3$, comparativamente a quelle BL 9, BL 11; parrebbe anzi che la lega NL $^7/_3$ composta di: rame 89,50 — stagno 7,53 — zinco 2,97, debba superare persino quella del bronzo de' cannoni del titolo prescritto, e gettati in pretella.

Queste deduzioni però riposano sopra un numero troppo ristretto di esperimenti per essere definitive; e volendo approfondir la quistione, sarebbe utile l'esperimentare altre leghe intermediarie e più graduate; fra queste, le più interessanti da studiarsi, perchè di più probabile riuscita nell'applicazione alla fondita delle artiglierie di bronzo, sarebbero a parer mio le seguenti:

Rame 89 con { Stagno 10, Zinco 1 }	Rame 89 con { Stagno 9, Zinco 2 }	Rame 89 con { Stagno 8, Zinco 3 }
Rame 90 con { Stagno 9, Zinco 1 }	Rame 90 con { Stagno 8, Zinco 2 }	Rame 90 con { Stagno 7, Zinco 3 }

A completare poi lo studio, converrebbe esperimentare queste leghe non solo nel modo già descritto, ma eziandio sotto l'azione delle forze vive, e verificare quale effetto possano avere i gaz della polvere sul deterioramento del bronzo ternario. Occorrerebbe pure risolvere la questione, se, nel corso della fabbricazione, si possa ottenere la uniformità del titolo, fatto che reputo della massima importanza di stabilire, e sul quale devonsi fare ampie riserve, in causa delle difficoltà cagionate dalla rapida evaporazione dello zinco. Al momento attuale, simili esperienze non mi sembrano urgenti, giacchè, all'infuori delle leghe ternarie per i cannoni, abbiamo già due specie di bronzo binario gettato con raffreddamento rapido (BL 9 con 8,8 p. °/o di stagno, e BL 11

con 10,9 p. °|₀ di stagno), le quali dimostraronsi superiori a tutte le altre leghe per elasticità, ed hanno tenacità e durezza pari a quelle più elevate ottenute colle leghe ternarie. Un tal risultato segna di già un passo importante nel miglioramento delle proprietà del bronzo, e tale da sconsigliare ulteriori studi sull'introduzione dello zinco nel bronzo da cannoni.

Titolo VI.

ESPERIENZE SUL BRONZO FOSFOROSO DEL SIGNOR MONTEFIORE-LEVI

§ I.

Esperienze su saggi di bronzo fosforoso fuso al crogiuolo.

Il cav. Montefiore-Levi, distinto ingegnere metallurgico, il quale ora dirige un'importante officina nel Belgio, propose già a varii governi l'impiego del bronzo fosforoso per le artiglierie. Egli sostiene esser giunto, dopo apposite ricerche sopra leghe fuse al crogiuolo, a produrre un metallo più elastico, più duro e più tenace del bronzo ordinario, ed eminentemente adatto alla costruzione delle bocche da fuoco.

L'Artiglieria belga eseguì un primo esperimento di questo bronzo nel 1869, sopra un cannone da campagna, il quale fu trovato di metallo troppo duro. Ripetutasi la prova sopra altri due cannoni, valendosi del l'esperienza fatta, si ebbero ottimi risultati, essendosi i cannoni dimostrati più tenaci di quelli di bronzo ordinario, più resistenti all'azione corrosiva dei gaz ed alla dilatazione sotto l'effetto del tiro continuato.

Altre prove su cannoni di bronzo fosforoso furono eseguite in Prussia, Olanda, Francia, Svizzera, ecc.

Il signor Montefiore-Levi, desiderando che da noi pure simili prove si eseguissero, inviò nel 1871 alcuni saggi, chiedendo di esperimentarli e confrontarne i risultati, tanto con quelli ottenuti dal Kirkaldy in Londra, che con quelli ottenuti nella fonderia di Torino col bronzo ordinario gettato in pretella.

Riferiamo qui il risultato di queste esperienze.

Forma, quantità e specie dei saggi. — Le esperienze ebbero luogo su varie leghe e su varii saggi per ogni lega; le leghe furon distinte colle marche 1, 4S, 2, 3, 4; la loro composizione sarà indicata più oltre.

I saggi erano stati fusi al crogiuolo dal signor Montefiore-Levi nelle proprie officine, e gettati in pretella; essi erano delle forme rappresentate nella Fig. 2ª, Tav. XXIVª. Vennero poi torniti e ridotti alle forme e dimensioni date dalla Fig. 5ª, Tav. IIª, identiche a quelle dei nostri saggi di bronzo. Furono egualmente sottoposti ad identici sforzi di trazione successivamente sino alla rottura. I risultati parziali sono riportati nello specchio N° 20, contenente anche le analisi individuali.

I risultati medii per ogni lega sono riportati nello specchio seguente, e le curve medie degli allungamenti momentanei sono descritte nella Tav. XXVIIª.

RISULTATI MEDII. — Esperimenti di trazione successivamente sino alla rottura con bronzo ordinario e fosforoso del sig. Montefiore (Novembre 1871).

(*Saggi lunghi* 200 *mill. con sezione di mill. quad.* 500).

Distinzione e marche delle leghe	3		2		4		4 2		1 (ordinario)	
Numero dei saggi esperimentati	3		3		2		1		2	
Analisi per 100 lega: Rame	88,865		80,510		88,070		89,250		89,213	
Stagno	9,510		11,373		10,060		9,117		10,374	
Zinco	0,555		0,730		0,510		0,120		0,335	
Fosforo	1,070		4,390		0,430		0,210		0,057	
Sforzo in chilogrammi per mill. quad. della sezione	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.	Mom.	Perm.
1	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,10	—	0,20	—
2	0,00	—	0,00	—	0,15	—	0,35	—	0,42	—
3	0,00	—	0,15	—	0,25	—	0,55	—	0,65	—
4	0,07	—	0,28	—	0,45	—	0,75	—	0,90	—
5	0,20	—	0,42	—	0,65	—	0,95	—	1,12	0,05
6	0,40	—	0,54	—	0,75	—	1,20	0,15	1,25	0,10
7	0,62	—	0,68	—	0,85	—	1,35	0,35	1,35	0,12
8	0,90	0,10	0,81	—	0,95	—	1,70	0,65	1,45	0,17
9	1,15	0,27	0,95	—	1,07	0,10	2,75	1,60	1,60	0,32
10	1,40	0,42	1,17	0,10	1,22	0,20	4,00	2,65	2,00	0,65
11	1,65	0,55	1,30	0,18	1,42	0,32	8,75	7,25	0,57	1,22
12	1,95	0,72	1,58	0,30	1,72	0,50	20,50	18,75	4,17	2,72
13	2,32	1,00	1,70	0,43	0.15	0,80	37,25	35,25	7,37	5,75
14	2,70	1,25	2,02	0,62	2,80	1,37	59,25	53,50	15,02	13,05
15	3,10	1,55	2,35	0,85	4,02	2,45	77,00	74,75	25,45	23,00
16	3,75	2,05	3,17	1,25	5,85	4,15	105,00	111,25	38,75	—
17	4,35	2,70	4,23	1,63	8,27	6,37	—	—	—	—
18	5,15	3,45	5,05	2,37	12,15	10,35	—	—	—	—
19	6,55	4,40	0.77	3,35	10,70	—	—	—	—	—
20	7,60	5,12	8,33	4,60	—	—	—	—	—	—
21	9,22	6,62	10,98	5,97	—	—	—	—	—	—
22	10,87	8,02	12,55	7,80	—	—	—	—	—	—
23	12,57	9,52	15,12	0,70	—	—	—	—	—	—
24	14,75	11,52	18,42	12,32	—	—	—	—	—	—
25	17,30	13,85	22,17	15,07	—	—	—	—	—	—
26	20,55	16,62	26,75	18,58	—	—	—	—	—	—
27	24,25	19,37	32,42	22,92	—	—	—	—	—	—
28	28,00	23,75	38,33	28,33	—	—	—	—	—	—
29	32,50	28,00	45,25	33,83	—	—	—	—	—	—
30	38,50	33,62	54,33	40,33	—	—	—	—	—	—
31	45,25	40,12	64,67	49,00	—	—	—	—	—	—
32	53,37	48,00	—	—	—	—	—	—	—	—
33	61,25	55,62	—	—	—	—	—	—	—	—
34	70,75	64,87	—	—	—	—	—	—	—	—
35	82,30	76,37	—	—	—	—	—	—	—	—
Sforzo al limite d'elasticità . . chilogr.	7,50		0,67		8,00		5,00		6,00	
Allungamento corrispondente milles.	0,775		1,00		0,95		0,95		1,15	
Coefficiente d'elasticità	9806		9670		8421		5263		5917	
Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva . . . chilogr.	39,70		32,90		21,90		16,30		16,75	
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura . . . chilogr.	44,10		34,50		22,40		18,40		17,90	
Allungamento alla rottura . . . milles.	152,12		74,80		36,12		112,50		53,00	
Rapporto fra la sezione di rottura e la primitiva . . . p. %	90,00		95,10		95,80		88,80		94,00	
Densità: Apparente	[illegible]		8,551		8,740		8,281		8,276	
Densità: Assoluta	8,514		8,596		8,890		8,857		8,749	
Vani nei saggi per 100	1,74		1,71		1,72		6,95		5,[illegible]	
Grado di durezza	6,90		6,87		0,73		3,70		4,[illegible]	
Sforzo al limite di coesione . chilog.	—		—		13,00		6,00		10,00	

Circa alla composizione delle leghe, si può stabilire che il bronzo

Marca 1 — è bronzo ordinario da cannoni con piccola quantità di zinco;

Marca 4S — è bronzo pure ordinario con quantità di zinco alquanto maggiore e 0,2 p. °|₀ di fosforo;

Marca 4 — è bronzo con circa 0,5 di zinco e 0,4 di fosforo;

Marca 2 — è bronzo con circa 0,7 di zinco ed 1,4 di fosforo;

Marca 3 — è bronzo con 0,6 di zinco ed 1,1 di fosforo, avvertendo però che i due saggi di questa marca, all'analisi parziale, risultarono contenere in fosforo l'uno 0,623, l'altro 1,517; ma credo che questa differenza sia casuale, i due saggi avendo dato, alle esperienze, risultati pressochè uguali.

Dall'esame dello specchio antecedente e da quello delle curve medie degli allungamenti momentanei a Tav. XXVII^a, si può dedurre, che il saggio di bronzo ordinario e quello della *marca* 4S, inviati dal signor Montefiore-Levi, erano di qualità molto scadente, ed inferiori non solo ai saggi nostri gettati in pretella grande, ma anche a quelli citati nelle esperienze preliminari e gettati in pretella piccola.

Il bronzo della *marca* 4 era pure assai inferiore a tutte le leghe binarie e ternarie gettate in pretella grande nelle esperienze dianzi riferite, e solo alquanto superiore in tenacità a quelle gettate in pretelle piccole.

Rimangono ad esaminarsi le due leghe delle *marche* 2 e 3, che paragoneremo alle due leghe non fosforose che abbiamo sin qui trovate migliori, cioè quella binaria BL 9 e quella ternaria NL $^7|_3$. Mettendone a confronto i risultati, avremo lo specchietto seguente:

		LEGHE			
		Fosforose		Binaria	Ternaria
		Marca 2	Marca 3	BL 9	NL $^7/_3$
Analisi per 100 lega	Stagno	11,37	9,51	8,81	7,53
	Zinco	0,73	0,55	—	2,97
	Fosforo	1,38	1,12	—	—
Sforzo di rottura sulla sezione primitiva . . chil.		32,9	39,7	33,5	32,9
Rapporto della sezione di rottura alla sezione primitiva per °/₀		95	90	65	62
Sforzo al limite di elasticità . . chil.		9,67	7,50	9,66	10,00
Allungamento al limite di elasticità . . milles.		1,00	0,78	0,90	1,00
Coefficiente di elasticità		9670	9806	10733	10000
Densità		8,55	8,40	8,89	8,85
Durezza		6,87	6,90	4,87	5,37
Sforzo al limite di coesione		Indeciso	Indeciso	13	12

Risulta quindi che la lega fosforosa N° 2 è molto prossima a quella ternaria NL $^7|_3$; la supera in durezza, le è uguale in tenacità, ed inferiore in densità ed elasticità.

La lega fosforosa della *marca* 3 è superiore a tutte le leghe esperimentate per tenacità e durezza, inferiore però in elasticità a quella BL 9.

Le conclusioni favorevoli della lega N° 2, e specialmente di quella N° 3, indussero ad esperimentare cannoni di bronzo fosforoso. Riferiremò qui alcuni risultati di esperienze meccaniche eseguite su uno di essi.

§ II.

Esperienze su di un cannone di bronzo fosforoso.

Nel 1872 presso la fonderia di Torino si gettarono in pretella due cannoni di bronzo fosforoso da cent. 7,5, sotto la direzione stessa del proponente sig. Montefiore-Levi. Uno di essi, col N° 1015, era destinato ad esperienze comparative di tiro coi seguenti cannoni di bronzo ordinario da cent. 7,5: cannone N° 992 gettato in forme di terra, cannone

N° 1006 con anima di acciaio, e cannone N° 1012, questi due ultimi gettati in pretella.

Per eseguire esperienze meccaniche comparative, si estrassero dalle materozze dei già citati cannoni N° 1012 e 1015, saggi longitudinali delle forme e dimensioni ordinarie, e si sottoposero a sforzi successivi di trazione.

I risultati medii delle esperienze sui saggi del cannone fosforoso N° 1015 sono inserti nello specchio riassuntivo seguente, comparativamente ai risultati dei saggi estratti dal cannone da cent. 7,5, N° 1012, dall'obice da cent. 22, N° 1009, e dal cannone da cent. 9, N° 906; le relative curve medie degli allungamenti momentanei sono descritte nella Tav. XXVIII^a.

RISULTATI MEDII dei saggi ricavati da due bocche da fuoco di bronzo ordinario gettate in pretella in confronto con una di bronzo fosforoso e con la lega fosforosa N° 3.

SFORZI SUCCESSIVI IN CHILOGRAMMI PER MILLIMETRO QUADRATO	Lega fosforosa gettata al crogiuolo N° 3		BOCCHE DA FUOCO GETTATE IN PORTELLA — Cannone da cent. 7,5 Bronzo fosforoso N° 1015		Cannone da cent. 7,5 Bronzo ordinario N° 1013		Obice da cent. 22 Bronzo ordinario N° 1000	
	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti	Momentanei	Permanenti
1	0,00	—	0,05	—	0,03	—	0,00	—
2	0,00	—	0,10	—	0,08	—	0,00	—
3	0,00	—	0,15	—	0,13	—	0,00	—
4	0,07	—	0,23	—	0,18	—	0,10	—
5	0,20	—	0,33	—	0,24	—	0,20	—
6	0,40	—	0,43	—	0,30	—	0,30	—
7	0,60	—	0,53	—	0,40	—	0,40	—
8	0,90	0,10	0,63	—	0,50	—	0,50	—
9	1,15	0,27	0,73	—	0,60	—	0,62	—
10	1,40	0,48	0,83	—	0,73	—	0,75	—
11	1,65	0,55	0,98	—	0,88	—	0,90	—
12	1,95	0,72	1,15	0,05	1,08	0,09	1,05	—
13	2,32	1,00	1,45	0,20	1,48	0,33	1,35	—
14	2,70	1,25	2,10	0,70	2,33	1,03	1,90	0,43
15	3,10	1,55	3,40	1,23	4,55	3,15	3,00	1,40
16	3,75	2,05	6,63	4,95	10,88	9,33	4,90	3,12
17	4,35	2,70	12,65	10,75	20,60	18,85	7,65	5,72
18	5,45	3,45	23,15	21,00	31,38	29,48	11,87	9,75
19	6,55	4,10	36,75	34,38	45,75	43,75	17,04	14,00
20	7,80	5,42	51,38	48,63	60,00	57,50	23,80	21,22
21	9,22	6,62	67,75	64,50	76,13	73,13	30,92	28,08
22	10,87	8,02	85,50	81,75	91,25	87,75	39,67	36,38
23	12,57	9,72	104,75	100,50	112,75	109,00	51,17	47,42
24	14,75	11,52	126,13	121,88	135,00	130,50	63,33	59,58
25	17,30	13,85	150,00	144,75	156,00	151,25	—	—
26	20,95	16,62	177,25	171,50	177,63	172,38	—	—
27	23,95	19,37	208,63	202,88	201,63	195,75	—	—
28	28,00	23,75	241,63	236,75	230,37	223,88	—	—
29	32,50	28,00	—	—	261,63	254,50	—	—
30	38,50	33,62	—	—	296,25	288,38	—	—
31	45,25	40,12	—	—	331,75	324,50	—	—
32	53,37	48,00	—	—	373,95	362,25	—	—
33	61,25	55,62	—	—	418,13	405,38	—	—
34	70,75	64,87	—	—	—	—	—	—
35	82,50	70,37	—	—	—	—	—	—
Sforzo al limite d'elasticità chilogr.	7,50		11,5		11,5		13	
Allungamento corrispondente milles.	0,775		1,08		0,95		1,35	
Coefficiente d'elasticità	9806		10648		11645		9629	
Sforzo di rottura riferito alla sezione primitiva . . . . chilogr.	39,70		29,4		33,8		26,97	
Sforzo di rottura riferito alla sezione di rottura . . . . »	44,10		—		—		30,18	
Rapporto sezione di rottura alla primitiva . . . . p. %	90,00		77,8		66,4		80,40	
Allungamento alla rottura . milles.	159,19		305,00		462,50		118,20	
Densità — Apparente	8,298		8,297		8,598		8,86	
Densità — Assoluta	8,544		8,603		8,834		8,98	
Vani nei saggi per 100	1,74		3,68		3,62		1,26	
Grado di durezza	8,90		5,22		8,35		5,8	
Analisi per 100 lega — Stagno	8,510		9,42		10,06		9,91	
Analisi per 100 lega — Zinco	0,755		—		—		0,25	
Analisi per 100 lega — Fosforo . . .	1,120		0,51		—		—	

L'esame di questi risultati prova che il cannone da cent. 7,5, N° 1015, di bronzo fosforoso, riuscì non solo molto inferiore ai saggi delle leghe *marche* 2 e 3, ma altresì notevolmente inferiore al cannone da cent. 7,5, N° 1012, gettato in pretella; si manifestò però superiore in tenacità all'obice da cent. 22, N° 1009, ed al cannone da cent. 9, N° 906, gettati in forme di terra, ed inferiore in elasticità a quest'ultimo.

§ III.

Conclusioni sul bronzo fosforoso.

Riassumendo quanto abbiamo osservato sin qui sul bronzo fosforoso, possiam dire che questo bronzo da cannoni ha forse proprietà superiori a quello ordinario gettato con raffreddamento lento, ma non riesce migliore di quello gettato con rapido raffreddamento. Sarei perciò indotto a conchiudere che il vantaggio del cannone di bronzo fosforoso non dipenda tanto dal fosforo in esso contenuto, quanto dall'essere stato questo cannone gettato in pretella.

Quindi, ritornando sulle obbiezioni fatte più innanzi circa l'introduzione dello zinco nel bronzo da cannoni, tali obbiezioni valgono *a fortiori* riguardo al fosforo, giacchè questo, essendo di natura più instabile dello zinco, più difficilmente si potrà conseguire con esso l'uniformità di composizione dei getti; e si ha già una prova di questo fatto, nelle differenti proporzioni di fosforo riscontrate nel bronzo preparato al crogiuolo ed in quello fuso nel forno a riverbero pel getto del cannone. Questa uniformità di composizione sarebbe poi assai più difficile ad ottenersi, quando i caricamenti dei forni dovessero farsi con artiglierie fosforose fuori servizio, con materozze e con canali, le cui analisi riescirebbero difficilissime e complicate.

Finalmente, devono attendersi ancora i risultati delle esperienze ora in corso sulla resistenza al tiro, per verificare se l'elevata temperatura di combustione della polvere e la sua potenza corrosiva, non sieno causa che venga intaccato e disaggregato il bronzo fosforoso.

Però, ancorchè debbano riescir favorevoli i risultati di queste ultime esperienze, non consiglierei, per parte mia, l'adozione del bronzo fosforoso per le artiglierie, avuto riguardo alla difficoltà sovra esposta di ottenere con questo bronzo getti di composizione uniforme.

Titolo VII.

RIASSUNTO E CONCLUSIONI CIRCA LE ESPERIENZE SUL BRONZO E SULLE LEGHE

Dalle esperienze sul bronzo che siam venuti descrivendo sin ora, risulta chiaramente che, col raffreddamento rapido, si ottiene un bronzo ordinario da cannoni sensibilmente migliore di quello ottenuto col sistema a lento raffreddamento, finora seguito presso di noi per il getto dei cannoni.

Infatti, le medie dei risultati ottenuti sui saggi ricavati dai singoli cannoni gettati in forma di terra ed in pretella (senz'aggiunzione di zinco), riferite al § III, Titolo III, indicano, pei cannoni gettati in pretella, un aumento di tenacità del 50 p. °|₀, ed un sensibile miglioramento nelle proprietà elastiche; soltanto nella durezza non havvi che un leggero aumento, dovuto probabilmente alla piccola proporzione di stagno (8,94 p. °|₀); infatti nel cannone N° 1012, esperimentato in ultimo, ed ove la proporzione di stagno era di 10,06, la durezza si dimostrò notevolmente accresciuta.

Ritengo perciò siasi con ragione adottato, non ha guari, il sistema del getto in pretella pei cannoni di bronzo. Oltre ad una notevole economia nella fabbricazione, si ottiene con tal sistema un aumento nella elasticità, nella durezza, ed essenzialmente nella tenacità e nella omogeneità del bronzo; si avrà perciò, senza dubbio, un metallo maggiormente atto a resistere agli effetti di tensione e di corrosione della polvere.

In quanto all'introduzione dello zinco o del fosforo nel bronzo da cannoni, credo la si debba respingere, sia per le difficoltà di conseguire l'uniformità di composizione, sia perchè, come risulta dai confronti fatti, essa non produce nel bronzo un miglioramento di qualche importanza; una tale innovazione dovrebbe d'altronde, prima d'essere adottata, avere la sanzione di lunghe e numerose esperienze, fatte sopra cannoni sottoposti a prove di tiro.

Termino la presente relazione delle esperienze fatte sul bronzo e su alcune sue leghe, col riunire in uno specchio finale i migliori risultati ottenuti, ed a Tav. XXVIII^a le relative curve medie degli allungamenti momentanei. Sia dagli uni che dalle altre, emergono in modo evidente i fatti ora enunciati.

SPECCHIO RIASSUNTIVO DEI RISULTATI MEDII OTTENUTI
dalle esperienze sulle migliori qualità
di bronzo da cannoni gettati in forma di terra ed in pretella, di varie leghe binarie e ternarie e di bronzo fosforoso.

INDICAZIONE DEI RISULTATI		Cannoni di bronzo			Leghe da saggi fuse al crogiuolo e gettate in pretella				
		Ordinarie in forma di terra	Fosforoso in pretella	Ordinarie in pretella	Bronzo fosforoso	Leghe binarie		Leghe ternarie	
		Cannone da cent. 9 N° 906	Cannone da cent. 7,5 N° 1015	Cannone da cent. 7,5 N° 1012	Marca N° 3	BL 9	BL 11	NL 7/3	NL 9/1
Analisi per 100 lega	Stagno	9,17	9,42	10,06	9,51	8,81	10,86	7,53	8,21
	Zinco	—	—	—	0,56	—	—	2,97	1,04
	Fosforo	—	0,51	—	1,12	—	—	—	—
	Totale	9,17	9,93	10,06	11,19	8,81	10,86	10,50	9,25
Sforzo di rottura sulla sezione primitiva	chil.	26,0	29,4	33,8	30,7	33,5	29,6	32,9	31,5
Rapporto della sezione di rottura a quella primitiva per 100		71	78	66	90	65	86	62	77
Sforzo al limite di elasticità	chil.	11,00	11,50	11,50	7,50	9,66	11,33	10,00	10,67
Allungamento al limite di elasticità	millesimi	0,96	1,08	0,95	0,78	0,90	1,00	1,00	1,03
Coefficiente di elasticità		11458	10645	11648	9806	10733	11330	10000	10359
Densità apparente		8,86	8,30	8,53	8,40	8,89	8,87	8,85	8,82
Vani nei saggi per 100		0,26	3,68	3,62	1,74	0,11	0,22	1,36	1,40
Durezza	grado	4,50	5,22	5,35	6,9	5,33	4,87	5,37	6,27
Sforzo al limite di cessione	chil.	12,0	13,5	13,5	Indecise	13,0	14,0	12,0	12,0

Per le curve medie degli allungamenti momentanei, vedasi Tav. XXVIII^a.

PARTE SECONDA

ESPERIMENTI

SOPRA

ANELLI METALLICI

PER

FORZAMENTO INTERNO

CAPITOLO I.

GENERALITÀ

§ I.

Scopo degli esperimenti.

Benchè la ricerca esperimentale dell'elasticità e della resistenza alla rottura dei metalli sottoposti a sforzi distinti di *trazione e di compressione longitudinale*, fornisca già dati interessanti per lo studio delle proprietà di detti metalli, certo è però che le leggi che ne derivano non possono applicarsi direttamente alla resistenza di cilindri sottoposti a pressioni interne (come sarebbero ad esempio quelli dei torchi idraulici), e tanto meno poi a quella delle bocche da fuoco, soggette all'azione delle forze vive che sviluppa la combustione della polvere.

Nei cilindri e nelle artiglierie, in causa della pressione interna, hanno luogo contemporaneamente due effetti: l'uno di dilatazione degli strati interni, l'altro della loro compressione contro quelli esterni; e ciò, secondo leggi dipendenti essenzialmente dalla natura dei metalli e dalle loro dimensioni in grossezza. La resistenza totale dev'essere quindi assai diversa da quella, che risulterebbe dai calcoli fondati sui dati esperimentali ottenuti, come ora si è detto.

Lasciando in disparte la questione della resistenza *dinamica*, per considerare soltanto quella *statica*, si intraprese una serie speciale di esperimenti, allo scopo di determinare la resistenza di cilindri a pressioni interne.

Nel corso di questi esperimenti, si ammise come principio che, operando su anelli di limitata altezza, i risultati potessero estendersi a cilindri di maggior lunghezza.

Per produrre poi la pressione interna, si ricorse al forzamento di un cuneo di acciaio fuso, temprato ed unto con olio, entro anelli le cui superficie interne fossero perfettamente combacianti con quella esterna del cuneo.

§ II.

Dimensioni e forme degli anelli.

Gli anelli avevano le forme e dimensioni seguenti:

L'altezza era costantemente di 30 millimetri e le faccie piane esattamente parallele;

Il vano interno era tronco conico colla base minore avente 78 millim. di diametro e quella maggiore 82 millimetri. L'inclinazione della generatrice del cono era perciò di $^{1}|_{15}$ rispetto all'asse dell'anello, e corrispondente ad un angolo di $3° 48' 50''$, 6.

La superficie esterna era cilindrica ed esattamente tornita, concentricamente all'asse del vano interno.

Il diametro esterno era, per le esperienze generali, di 200 millimetri, corrispondente ad una grossezza delle pareti dell'anello di 60 millimetri, cioè $^{3}|_{4}$ del calibro medio del vano interno.

Per le ricerche dirette a studiare le relazioni fra le pressioni interne e le grossezze delle pareti, si costrussero anelli con identiche altezze e dimensioni interne, ed i diametri esterni furono tenuti rispettivamente di millimetri 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, corrispondenti a grossezze di pareti di mill. 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, cioè, in calibri, a grossezze di $^{1}|_{4}$, $^{2}|_{4}$, $^{3}|_{4}$, $^{4}|_{4}$, $^{5}|_{4}$, $^{6}|_{4}$, $^{7}|_{4}$.

Gli anelli erano lavorati al tornio, coll'approssimazione del decimo di millimetro.

§ III.

Metodo seguito nelle esperienze.

Si sottoposero questi anelli, come abbiam detto, a sforzi interni di dilatazione, per mezzo di un cuneo di acciaio fuso, temprato e tenuto

sempre unto con olio; con sforzi successivi e gradatamente crescenti, si spinse l'esperimento sino alla rottura degli anelli.

Misurando per ogni sforzo l'avanzamento del cuneo, si conoscevano gli allargamenti successivi dei diametri interni, e misurando eziandio per ogni sforzo i diametri esterni, si avevano gli elementi per dedurre approssimativamente le leggi di trasmissione delle pressioni proprie alle varie grossezze di cadun metallo, od alle combinazioni di varii metalli componenti gli anelli.

Operando su anelli di un sol metallo, ma di grossezze variabili e successivamente crescenti, si poteva studiare la relazione della resistenza colle varie grossezze.

Operando su metalli diversi, o variamente combinati, si ricercavano le resistenze alla rottura proprie a cadun metallo, od alle combinazioni dei varii metalli.

Si fece uso, negli esperimenti di forzamento interno degli anelli, della macchina per le prove meccaniche, preparata come per le esperienze per compressione (V. Parte I, Cap. I, Tit. III), colle speciali disposizioni seguenti:

Essendo AA (Tav. XXIX^a, Fig. 1^a e 2^a) l'anello da esperimentarsi, esso si dispone coll'asse orizzontale; il cuneo d'acciaio P, ne riempie il vano interno, ed il suo asse coincide con quello dell'anello. L'anello, nel senso opposto al movimento del cuneo, è appoggiato ad un cilindro di ghisa OO, di diametro interno poco maggiore di quello pure interno dell'anello. Nel vuoto interno del cilindro vi è un fondello incavato G, nel quale è innestata la punta del cuneo, e che mantiene questa punta guidata e centrata negli avanzamenti del cuneo, a misura dell'allargamento interno dell'anello.

Il cilindro O, alla sua volta, è appoggiato al cuscinetto D, fisso al carretto mobile EE della macchina.

In direzione opposta, la testa del cuneo P si appoggia al cuscinetto R fisso al ceppo C della macchina, il quale, per mezzo dei tiranti T T' è riunito alla stadera su cui scorre il romano.

Facendo agire lo stantuffo dello strettoio idraulico, viene spinto innanzi il carretto, e l'anello è forzato contro il cuneo; questo, appoggiato al ceppo, è mantenuto immobile dalla posizione del romano, che si fa scorrere gradatamente sulla stadera, per mantenerla in equilibrio.

Aumentando successivamente la pressione sull'anello, esso viene spinto contro il cuneo; e ad ogni istante, lo sforzo d'equilibrio è indicato dalla posizione del romano sulla stadera graduata.

Un regolo graduato VV è fisso al tirante T unito alla testa, ed un nonio *n* è fisso al carretto e ne segue perciò il movimento; si leggon quindi ad ogni istante le corse del cuneo, e da queste deduconsi i diametri interni successivamente crescenti dell'anello.

Quando l'allargamento dell'anello è prossimo a corrispondere al diametro interno del cilindro d'appoggio O, questo è sostituito da altro di maggior diametro e così successivamente.

Negli esperimenti che formano l'oggetto di questa memoria, i diametri esterni corrispondenti agli sforzi successivi, e pei quali si registravano le corse del cuneo, venivano misurati con un compasso a verga ed a nonio, coll'approssimazione di $^1/_{20}$ di millimetro.

Nei primi esperimenti si registravano le misure dei diametri, corrispondenti a sforzi successivi sulla testa del cuneo di chilogrammi 2100, 4200, 6300, e così via via sino alla rottura, da 2100 in 2100 chilogrammi.

Per gli altri esperimenti, gli sforzi successivi e le corrispondenti registrazioni dei diametri, furono fatti da 2677 in 2677 chilogrammi.

Nel primo caso, come vedremo in seguito, lo sforzo di 2100 chilogrammi corrisponde a circa 118 atmosfere, mentre quello di chilogrammi 2677 corrisponde ad atmosfere 150. Lo sforzo massimo fatto sulla testa del cuneo fu di chilog. 85664, corrispondente ad una pressione totale interna di chilogr. 373838, cioè di 4800 atmosfere.

Vediamo ora come si può calcolare questa pressione interna, quando sia conosciuto lo sforzo esercitato sulla testa del cuneo, ed esaminiamo pure le varie altre condizioni del problema.

§ IV.

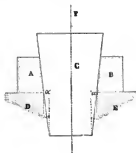
Calcolo della pressione interna (1).

Entro un tubo metallico AB di superficie esterna cilindrica, ed interna tronco-conica ad asse verticale, sorretto da una piastra orizzontale

(1) La soluzione del problema, qui riferita, è del sig. maggiore generale SACCHERO, che ben volle occuparsi della questione a mia richiesta.

immobile DE, sta un cono metallico C, le cui generatrici perfettamente combaciano con quelle della superficie interna del tubo.

Sul centro della faccia superiore del cono, è applicata una forza ver-

ticale F (comprendente anche il peso proprio del cono), diretta d'alto in basso e capace di far discendere il cono stesso d'un'altezza piccolissima, producendo un allargamento nel tubo. Si domanda qual relazione esista fra la forza F e la pressione orizzontale totale P, alla quale è dovuto l'allargamento del tubo, e che è uguale e contraria alla somma delle reazioni opposte all'allargamento dalle fibre costituenti il tubo. Si suppone che il cono sia di metallo durissimo, cosicchè possa trascurarsi la deformazione che esso subisce sotto l'azione della forza F, e che la pressione orizzontale interna sia ugualmente ripartita su tutti i punti della superficie, onde, detta P la pressione sull'unità superficiale, e s la superficie interna del tubo, si abbia $P=ps$.

Immaginiamo che il cono, sotto l'azione della forza F percorra verticalmente d'alto in basso lo spazietto infinitesimo dx: nell'equazione di equilibrio fra le forze che sollecitano il sistema figureranno i seguenti termini:

1° Il lavoro motore Fdx.

2° Il lavoro resistente relativo alla reazione totale orizzontale P. Mentre il cono si abbassa di dx, ogni punto della superficie interna del tubo percorrerà orizzontalmente, nella direzione del raggio della sezione

orizzontale cui il punto appartiene, lo spazietto dx tang α, essendo 2α l'angolo al vertice del cono; quindi il lavoro della reazione orizzontale pds, applicata ad ogni elemento superficiale ds, sarà

$$-pds.dx.\text{tang}\,\alpha$$

ed integrando rispetto ad s, il lavoro totale dovuto alla reazione P sarà

$$-psdx.\text{tang}\,\alpha = -\text{P}dx.\text{tang}\,\alpha$$

3° Il lavoro resistente prodotto dall'attrito del cono sulla superficie interna del tubo. Chiamando n la pressione unitaria, uniforme, normale alla superficie, f il coefficiente d'attrito, sarà $nfds$ l'attrito sulla superficie elementare ds. Ma ogni punto della superficie percorre nel senso della generatrice del cono lo spazietto $\frac{dx}{\cos\alpha}$; dunque il lavoro elementare dell'attrito sull'elemento ds sarà $nfds\frac{dx}{\cos\alpha}$. Per eliminare la pressione normale n, osserveremo che l'azione orizzontale del cono contro il tubo, sull'elemento considerato, risulta dalla somma algebrica delle componenti orizzontali della pressione normale nds e dell'attrito $nfds$ diretto secondo la generatrice del cono, onde la relazione

$$pds = nds\cos\alpha - nfds\,\text{sen}\,\alpha$$

da cui ricavasi

$$n = \frac{p}{\cos\alpha - f\,\text{sen}\,\alpha}$$

Il lavoro elementare dell'attrito sarà quindi anche rappresentato da

$$-pfds\frac{dx}{\cos^2\alpha - f\,\text{sen}\,\alpha\cos\alpha}$$

ed estendendolo a tutta la superficie, si avrà

$$-pfs\frac{dx}{\cos^2\alpha - f\,\text{sen}\,\alpha\cos\alpha} = -\text{P}f\frac{dx}{\cos^2\alpha - f\,\text{sen}\,\alpha\cos\alpha}$$

4° Il lavoro resistente cagionato dall'attrito della superficie inferiore del tubo sulla piastra di sostegno, per effetto della pressione $F+\pi$, essendo π il peso proprio del tubo. Dicasi r il raggio interno primitivo della faccia inferiore del tubo, R il raggio esterno, f' il coefficiente d'attrito, q la pressione sull'unità di superficie del sostegno, supposta uniformemente ripartita. Considerando su tale superficie una corona circolare di raggio interno y e raggio esterno $y+dy$, la pressione da essa sopportata sarà $2\pi q y dy$ e l'attrito relativo $2\pi q f' y dy$; e detto dz lo spostamento infinitesimo di ogni punto di tale superficie elementare, corrispondente all'abbassamento dx del cono, sarà $-2\pi q f' y dy dz$ il lavoro elementare relativo all'attrito di cui è caso. Per esprimere dz in funzione di dx osservo essere un dato d'esperienza che l'aumento che subisce il raggio esterno R per una data penetrazione del cono è minore di quello del raggio interno r, cosicchè, nel nostro caso, quest'ultimo diventando $r+dy \tang \alpha$, il raggio esterno si cambierà in $R+mdx \tang \alpha$, dove m esprime un coefficiente frazionario da determinarsi sperimentalmente. Ora possiamo, senza tema di scostarci sensibilmente dal vero, supporre che gli incrementi dei raggi interni degli elementi concentrici della corona di base decrescano in modo uniforme da $dx \tang \alpha$, ad $mdx \tang \alpha$, e pertanto rappresentando a parte in $ab=R-r$ la grossezza inferiore della parete del tubo, portando a partire dai punti a e b, le due rette parallele $ac=dx \tang \alpha$, $bd=mdx \tang \alpha$ e conducendo la retta cd, si avrà pel punto qualunque n corrispondente al raggio y, $ln=dz$. Dalla figura abbiamo:

$$ec : kl = ed : hd,$$

ossia

$$(1-m)\, dx \tang \alpha : dz - mdx \tang \alpha = R-r : R-y$$

dalla quale ricavasi, dopo le riduzioni:

$$dz = \frac{R - mr - (1-m)\, y}{R-r}\, dx \tang \alpha$$

Sostituendo codesto valore di dz nell'espressione del lavoro elementare dell'attrito, questo diventerà:

$$-2\pi f' qy \frac{R - mr - (1 - m)y}{R - r} dy\, dx \tang \alpha$$

ed integrando rispetto ad y fra i limiti r ed R, si avrà:

$$-\frac{2\pi q f' dx \tang \alpha}{R - r} \int_r^R \left\{ (R - mr) y - (1 - m) y^2 \right\} dy$$

$$= -\frac{2\pi q f' dx \tang \alpha}{R - r} \left\{ \frac{1}{2} (R - mr)(R^2 - r^2) - \frac{1}{3} (1 - m)(R^3 - r^3) \right\}$$

$$= -\frac{1}{3} \pi q f' \left\{ 3(R - mr)(R + r) - 2(1 - m)(R^2 + Rr + r^2) \right\} dx \tang \alpha$$

$$= -\frac{1}{3} \pi q f' \left\{ R^2 + Rr - 2r^2 + m(2R^2 - Rr - r^2) \right\} dx \tang \alpha$$

Ma sappiamo che

$$\pi (R^2 - r^2) q = F + \pi$$

onde

$$q = \frac{F + \pi}{\pi (R^2 - r^2)}$$

dunque, sostituendo la precedente espressione, risulterà:

$$-\frac{1}{3} (F + \pi) f' \frac{R^2 + Rr - 2r^2 + m(2R^2 - Rr - r^2)}{R^2 - r^2} dx \tang \alpha$$

$$= -\frac{1}{3} (F + \pi) f' \frac{R + 2r + m(2R + r)}{R + r} dx \tang \alpha = f' K (F + \pi) dx \tang \alpha$$

dove si rappresentò con K il coefficiente numerico

$$\frac{R + 2r + m(2R + r)}{3(R + r)}$$

Raccogliendo i varii termini che determinano, l'equazione d'equilibrio sarà:

$$F dx - P dx \tang \alpha - P f \frac{dx}{\cos^2 \alpha - f \sen \alpha \cos \alpha} - K(F + \pi) f' dx \tang \alpha = 0$$

dalla quale, dividendola prima per dx, ricavasi infine:

$$P = \frac{\cos \alpha - f \sen \alpha}{\sen \alpha + f \cos \alpha} \left\{ F - K(F + \pi) f \tang \alpha \right\}$$

che sarà la pressione totale domandata.

§ V.

Applicazioni dei calcoli e semplificazioni.

Esposta la soluzione generale del problema, vediamo ora quali sono le modificazioni che possiamo recarvi per facilitare i calcoli dei risultati finali.

In questa soluzione si considera il peso proprio del tubo π, perchè questo si suppone disposto verticalmente. Dal modo seguito nello esperimento, l'asse dell'anello essendo orizzontale e l'anello sostenuto, non è il caso di tener conto del peso del tubo; l'equazione riducesi quindi a:

$$P = \frac{\cos \alpha - f \sen \alpha}{\sen \alpha + f \cos \alpha} (F - K F f' \tang \alpha)$$

Dalle risultanze dei primi esperimenti si conchiuse che il 2° termine poteva trascurarsi, giacchè l'errore che si commetteva era piccolissimo.

A convincersene, prenderò ad esempio l'esperimento che si riferirà in seguito (pag. 305) sull'anello del cannone di bronzo N° 1004.

Calcolando le pressioni totali interne col solo 1° termine della equazione (prendendo $f = 0{,}16$) abbiamo che:

Per gli sforzi alla testa del cuneo di chilog.	2100	10500	21000	29400	42000
Le pressioni interne totali sono di »	9164	45821	91646	128304	183292
I valori di m, cioè i rapporti fra gli allungamenti dei raggi esterni ed interni corrispondentemente agli sforzi sarebbero .	0,	0,1724	0,3715	0,4827	0,5766
I valori corrispondenti di K	0,3461	0,5270	0,6408	0,7044	0,7580
Prendendo per f' un valore d'attrito massimo uguale a 0,22 si avrebbero i valori del 2° termine dell'equazione, da dedursi dalle pressioni totali interne . . chilog.	11	81	197	304	467
E gli errori che si commettono trascurando il 2° termine sarebbero dunque per le varie pressioni, esprimendole in tanto per cento, di	0,120	0,175	0,214	0,229	0,254
Le pressioni sulla superficie interna primitiva, tenendo conto del 2° termine dell'equazione, sarebbero di atmosfere .	117,656	588,29	1176,64	1647,29	2347,26
E gli errori sarebbero solo di atmosfere .	0,142	1,04	2,54	3,91	6,00

Ora il calcolo degli errori venne fatto appunto per casi estremi, giacchè il valore f' fu preso massimo, ed il bronzo deve dare i massimi fra i valori di m, stante la sua grande duttilità.

Per i metalli dotati di considerevole durezza, gli errori che si commettono, non tenendo calcolo del 2° termine dell'equazione, saranno dunque *a fortiori* trascurabili. Se si riflette ancora che le pressioni prossime alla rottura, e che formano lo scopo principale degli esperimenti, sono molto grandi, si vede che per facilità di calcolo può trascurarsi affatto il 2° termine dell'equazione, tanto più a fronte di altre cause di errori inerenti agli esperimenti di prove meccaniche, che devono farne considerare i risultati come soltanto prossimi al vero.

Dietro queste considerazioni, la formola per le pressioni interne venne ridotta alla espressione seguente:

$$P = F \frac{\cos\alpha - f \operatorname{sen}\alpha}{\operatorname{sen}\alpha + f \cos}$$

In quanto al valore di f, sarebbero state necessarie esperienze speciali onde determinarlo per cadun metallo, e fors'anche per pressioni diverse, poichè il Rennie rilevò che l'attrito cresce colla pressione. Ma

per ora non essendo stato possibile d'intraprenderle, ritenni il valore dell'attrito *costante* tanto pei diversi metalli che per le diverse pressioni, ed f venne preso uguale a 0,16; cosicchè col cuneo adoperato, si ritenne

$$P = 4,364\ F$$

Per le suesposte considerazioni, i valori delle pressioni interne non devonsi prendere come esatti, ma solo come approssimativi; sufficienti però per dedurne già conclusioni importanti, particolarmente in esperienze comparative.

Negli specchi parziali dei risultati, riporterò anche gli sforzi sulla testa del cuneo, giacchè questi sarebbero da tenersi per base onde calcolare le pressioni interne effettive, quando si conoscessero esattamente i valori di f, e si volessero rifare i calcoli non trascurando alcun termine dell'equazione.

In generale però, mi riferirò alle pressioni in atmosfere sulla superficie interna primitiva, perchè i paragoni restano così più semplici.

Esposte in questo primo Capitolo le considerazioni preliminari, passo a riferire gli esperimenti eseguiti, trattando in Capitoli separati ognuna delle specie di anelli esperimentati.

CAPITOLO II.

ESPERIMENTI SUL BRONZO

Titolo I.

ANELLI DI BRONZO DI CANNONI DA CENT. 7,5 GETTATI IN FORME DI TERRA ED IN PRETELLA

§ I.

Eseguimento delle esperienze.

I Cannoni di bronzo esperimentati furono i seguenti:

Cannoni da cent. 7,5, gettati in terra......	N° 992	(Modello	Comitato)	per nome	Mola
	» 993	(idem)		»	Mira
Id. d. gettati in pretella.....	N° 1004	(Modello	Zanolini)	per nome	Mirto
	» 1008	»	Comitato	»	Mojola

Si tagliò un disco dalla materozza di caduno di essi, e si costrusse con questo un anello cilindrico di 30 millim. di altezza con diametro esterno di 200 millim.; il diametro medio interno del cono era di millimetri 80. Questi anelli presentavano perciò molto prossimamente sezioni uguali a quelle della intiera culatta dei cannoni; poichè il diametro della camera è di 79 mill., ed il diametro esterno della culatta è di mill. 190.

Agli sforzi quindi di pressione interna, tali anelli dovevano opporre una resistenza quasi eguale a quella opposta dai cannoni in servizio, agli sforzi cui questi debbono sottostare.

Nello specchio seguente son registrati i risultati comparativi degli esperimenti:

ESPERIMENTI PER FORZAMENTO interno sopra anelli di cannoni di bronzo da campagna da cent. 7,5 gettati in forme di terra ed in pretelle di ghisa.

(*Diametro della superficie cilindrica esterna mill.* 200; *diametro medio del cono interno mill.* 80; *altezza dell'anello mill.* 30).

Numero progressivo degli sforzi	Sforzi sulla testa del cuneo	ALLUNGAMENTI SUCCESSIVI DEI DIAMETRI — Interni — Cannoni gettati in Terra — N° 992 Mola	Interni — Terra — N° 993 Mira	Interni — Pretella — N° 1004 Mirto	Interni — Pretella — N° 1008 Mojola	Esterni — Cannoni gettati in Terra — N° 992 Mola	Esterni — Terra — N° 993 Mira	Esterni — Pretella — N° 1004 Mirto	Esterni — Pretella — N° 1008 Mojola	Sforzi riferiti alla superficie interna primitiva — Totale	Sforzi riferiti alla superficie interna primitiva — Totale
	Chil.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Chil.	Atmosfere
1	2100	0,12	—	0,07	—	—	—	—	—	9164	118
2	4200	0,21	0,07	0,13	0,07	—	—	—	—	18328	236
3	6300	0,31	0,13	0,17	0,13	—	—	—	—	27499	354
4	8400	0,43	0,20	0,23	0,20	0,10	—	—	—	36656	472
5	10500	0,60	0,30	0,29	0,27	0,15	0,05	0,05	—	45820	590
6	12600	0,87	0,50	0,37	0,33	0,25	0,10	0,10	0,05	54984	708
7	14700	1,33	0,90	0,53	0,40	0,40	0,20	0,15	0,10	64148	826
8	16800	2,15	1,40	1,01	0,67	0,85	0,30	0,20	0,30	73312	944
9	18900	4,07	2,10	1,96	1,80	1,60	0,55	0,65	0,70	82476	1062
10	21000	6,93	3,70	3,23	3,13	3,20	1,25	1,25	1,30	91640	1180
11	23100	10,13	5,87	5,25	4,93	4,90	2,40	1,90	2,00	100804	1298
12	25200	12,53	8,80	7,67	7,00	6,30	4,00	2,80	3,10	109968	1416
13	27300	14,67	14,73	10,11	9,47	7,90	5,60	4,40	4,80	119132	1534
14	29400	Non misurato	14,67	13,05	12,40	—	7,20	6,30	2,40	128296	1652
Si estrae il cuneo per sostituirne un 2° di maggiori dimensioni											
15	31500	15,47	15,47	13,24	13,97	9,50	7,80	6,45	6,50	137460	1770
16	33600	18,80	18,80	13,33	13,47	10,50	9,60	6,50	6,60	146624	1888
17	35700	22,27	22,27	19,20	13,73	12,50	11,80	9,85	6,70	155788	2006
18	37800	26,60	25,87	22,13	17,33	14,70	14,20	11,70	8,70	164952	2124
19	39900	30,70	29,60	24,67	19,87	18,00	16,90	13,30	10,30	174146	2242
20	42000	—	—	27,40	22,27	—	—	15,60	11,60	183280	[illegible]
Si estrae il cuneo per sostituirne un 3° di maggiori dimensioni											
21	44100	—	—	30,20	21,93	22,60	22,51	18,30	13,20	192444	2478
22	46200	—	—	32,90	29,00	—	—	20,80	10,30	201608	2596
23	48300	—	—	35,60	33,20	—	—	23,30	22,90	210772	2714
24	50400	—	—	—	—	—	—	—	—	212672	2832

Le rotture degli anelli avvennero sotto gli sforzi

	Totale sul cuneo				Sulla superficie interna primitiva			
	Chil. 40500	Chil. 40110	Chil. 48300	Chil. 50100	Atmosfere 2280	Atmosfere 2254	Atmosfere 2714	Atmosfere 2832
Titolo dello stagno per 100 lega					9,20	9,20	6,40	9,36
Densità media degli anelli prima dell'esperimento . . .					0,612	0,707	8,638	0,736

Dall'esame di questo specchio risulta che sino al 14° sforzo (corrispondente a pressioni sul cuneo di 29400 chilog., e ad una pressione totale sulla superficie interna primitiva di chilog. 128296 (pari ad atmosfere 1652), si fece uso di un sol cuneo.

Dal confronto delle dilatazioni interne ed esterne, riesce evidente la maggior resistenza del bronzo gettato in pretella, essendo riuscite le sue dilatazioni notevolmente minori di quelle del bronzo gettato in forme di terra.

Ma, le dilatazioni interne essendo già assai grandi e raggiungendo, contro le mie previsioni, $^{1}/_{4}$ del calibro, si dovette, per proseguire l'esperimento, sostituire al primo un secondo cuneo di maggiori dimensioni, e di uguale inclinazione delle generatrici.

Con questo cuneo, gli anelli del bronzo gettato in terra, dopo aver subito un allargamento del diametro interno di circa $^{3}/_{8}$ di calibro (V. Fig. 4ª, Tav. XXIXª), si ruppero nel modo indicato dalla Fig. 5ª:

Quello N° 992, sotto la pressione interna di atmosfere 2280
» » 993, » » 2254.

Gli anelli di bronzo gettati in pretella, al 20° sforzo, soffrirono dilatazioni notevolmente inferiori a quelle subite dal bronzo gettato in terra al 19° sforzo, e non si ebbe la rottura.

Coll'impiego di un terzo cuneo si continuarono gli esperimenti sugli anelli dei cannoni gettati in pretella, e si ebbero gli allargamenti di calibro, al 23° sforzo, di circa $^{34}/_{80}$, e le rotture ebbero luogo:

pel cannone N° 1004, sotto la pressione interna di atmosfere 2714
» » 1008, » » 2832.

Conchiudendo adunque, le pressioni sulla superficie interna primitiva producenti la rottura, furono in media:

Pel bronzo gettato in terra, di atmosfere 2267
» in pretella, » 2773.

Devesi ancora notare, che il cannone in pretella N° 1004 contiene notevolmente meno stagno degli altri tre; eppereiò se lo scartiamo un momento, onde considerare gli allargamenti interni uguali, per cannoni che hanno prossimamente lo stesso titolo, quali sono i Ni 992, 993, 1008,

troviamo che questi allargamenti, nei cannoni in pretella, corrispondono a sforzi maggiori di circa 300 atmosfere che non nei cannoni gettati in terra.

Nell'esaminare poi l'aspetto fisico degli anelli esperimentati, si trova che, alla rottura, quello in pretella presenta grande omogeneità, compattezza, grana fina, ed esternamente un aspetto liscio ed uniforme; mentre quello gettato in terra dimostra, nella sezione di rottura, una fibra grossa, irregolare, con grosse macchie di stagno, ed esternamente un aspetto rugoso e molto ineguale. Un tal fatto già ebbesi ad osservare nei saggi esperimentati con sforzi di trazione.

Da questo esame rimane dunque confermata la conclusione, che il getto in pretella accresce la resistenza del bronzo, epperciò ne migliora sensibilmente le qualità come metallo da cannoni.

§ II.

Aumento della densità e durezza interna degli anelli.

Per effetto delle pressioni interne sopportate dagli anelli, era probabile che la densità delle pareti interne fosse cresciuta notevolmente; onde verificare questo fatto, la cui importanza rileveremo meglio in seguito, si estrassero dagli anelli esperimentati, ed appartenenti ai cannoni N° 992 e 993 gettati in terra, due strati concentrici della grossezza di millim. 3, l'uno internamente, l'altro esternamente. Calcolatene le densità, esse riuscirono le seguenti:

	N° 992	N° 993
	Mola	Mira
Densità dello strato interno	8,667	8,754
Id. esterno	8,551	8,497
DIFFERENZA . . .	0,116	0,257

Si vede adunque che vi fu sensibile accrescimento di densità nello strato interno.

Quest'aumento è però molto maggiore di quanto appare dalle cifre suesposte, giacchè devesi por mente ad altra circostanza.

Prendendo infatti le densità di varii anelli concentrici all'asse di una bocca da fuoco, si rileva che esse diminuiscono dall'esterno all'interno in modo assai sensibile, e ne riferirò fra poco alcuni esempi; la pressione interna prodotta dal cuneo ebbe quindi, non solo tale efficacia da crescere la densità delle pareti interne sino al punto di eguagliare quella degli strati esterni, ma da accrescerla di una quantità, che è circa il doppio della differenza fra le densità esterna ed interna, proprie ad un anello non compresso e nel suo stato naturale.

Circa alla durezza, avendola esperimentata col coltello misuratore ordinario, sotto la pressione costante di chilogrammi 3850, si ebbero per risultati:

	Lunghezza intagli		Grado di durezza	
	N° 992 Mola	N° 993 Mira	N° 992 Mola	N° 993 Mira
Per l'interno . . . . millim.	20,50	19,00	6,8	7,4
Per l'esterno . . . . »	23,60	22,25	5,1	5,9

Risulta adunque che l'aumento di densità degli strati interni ne accresce anche la durezza.

§ III.

Della diminuzione della densità totale degli anelli.

Le densità medie degli anelli prima della prova, durante la prova, e dopo lo sforzo precedente quello di rottura, risultarono le seguenti:

	CANNONI			
	N° 992 Mola	N° 993 Mira	N° 1004 Mirto	N° 1008 Mojola
Media della densità prima della prova	8,612	8,707	8,638	8,736
Id. dopo il 14° sforzo	8,594	8,691	8,636	—
Id. prima della rottura	8,559	8,652	8,618	8,711

Questi risultati a primo aspetto accennano ad una perdita di densità, e perciò ad un aumento del volume totale, corrispondentemente all'aumento delle pressioni.

§ IV.

Delle variazioni nella sezione trasversale.

Per verificare il fatto indicato nel § precedente, fatto che poteva gettare alcuna luce sulla quistione delle leggi di resistenza, si calcolarono le variazioni delle superficie delle sezioni corrispondenti a caduno sforzo, per uno degli anelli esperimentati, quello cioè del cannone N° 1004, il quale aveva meno stagno, e per conseguenza offriva maggior differenza fra gli allargamenti interni ed esterni; inoltre presentando esso grande omogeneità, le misure dei diametri esterni erano più precise. I risultati di questi calcoli sono riferiti nella colonna N° 4 dello specchio seguente, il quale contiene pure altri dati dei quali verrà parlato in seguito.

ESPERIMENTI PER FORZAMENTO interno sull'anello del cannone da campagna N° 1004 (Mirto).

Diametro della parte cilindrica esterna 200 millimetri; diametro medio interno 80 millimetri; altezza 30 millimetri

1	2	3		4		5			6		7	8		9	
Numero progressivo degli sforzi	Sforzi successivi sulla testa del cuneo	Allargamenti successivi dei diametri		Superficie della sezione risultante effettivamente		Grossezze dell'anello			Allargamenti in millesimi		Rapporto fra gli allargamenti interni ed esterni	Sforzi successivi sulla superficie interna primitiva			
							Accorciamenti successivi					Errori che si commettono trascurando il 2° termine dell'equazione		Calcolati col 1° termine dell'equazione	
	F	Interni Do	Esterni D	Variazioni successive	Rapporto delle variazioni	Effettivi	Effettivi	In millesimi del primitivo	Interni	Esterni	$m = \frac{R}{R_o}$	Totale		Totali P = 4,364 F	
	Chil.	Millim.	Millim.	Millim. quad		Millim.	Millim.	Millim.	Milles.	Milles.		Chil	Atmosfere	Chil.	Atmosfere
0	—	0,00	0,00	26380,44	1,000	60,000	0,000	0,000	—	—	—	—	—	—	—
1	2100	0,07	0,00	26179,70	0,999	59,965	0,035	0,583	0,87	0,00	—	11	0,142	9164	118
2	4200	0,13	0,00	26172,10	0,999	59,935	0,065	1,084	1,62	0,00	—	—	—	18328	236
3	6300	0,17	0,00	26367,10	0,999	59,915	0,085	1,416	2,12	0,00	—	—	—	27492	354
4	8400	0,23	0,00	26359,60	0,998	59,885	0,115	1,916	2,87	0,00	—	—	—	36656	472
5	10500	0,29	0,05	26364,20	0,998	59,870	0,130	2,167	3,62	0,25	0,1724	81	1,04	45820	590
6	12600	0,37	0,10	26373,30	0,999	59,865	0,135	2,250	4,62	0,50	0,2703	108	1,40	54984	708
7	14700	0,53	0,15	26369,70	0,999	59,810	0,190	3,167	6,62	0,75	0,2830	—	—	64148	826
8	16800	1,04	0,30	26352,20	0,998	59,630	0,370	6,167	13,00	1,50	0,2884	—	—	73312	944
9	18900	1,96	0,65	26343,70	0,998	59,345	0,655	10,917	24,50	3,25	0,3316	—	—	82476	1062
10	21000	3,23	1,20	26350,30	0,998	58,880	1,120	18,667	40,37	6,00	0,3715	197	2,54	91640	1180
11	23100	5,25	1,90	26306,30	0,996	58,925	1,075	27,917	65,62	9,50	0,3619	—	—	100804	1298
12	25200	7,67	2,80	26299,90	0,996	57,665	2,335	38,917	95,87	14,00	0,3650	—	—	109968	1416
13	27300	10,11	4,40	26345,90	1,001	57,145	2,855	47,583	126,37	22,00	0,4342	—	—	119132	1534
14	29400	13,05	6,30	26665,40	1,008	56,625	3,375	56,250	163,12	31,50	0,4827	304	3,01	128496	1652
Impiego di un secondo cuneo															
15	31500	13,24	6,45	26617,90	1,009	56,605	3,395	56,583	165,00	32,25	0,4871	—	—	137460	1770
16	33600	13,33	6,50	26649,10	1,009	56,585	3,415	56,917	166,67	32,50	0,4876	—	—	146624	1888
17	35700	19,20	9,85	26815,70	1,018	55,325	4,675	77,917	240,00	49,25	0,5130	—	—	155788	2006
18	37800	22,13	11,70	27006,20	1,023	54,785	5,215	86,917	276,62	58,50	0,5287	—	—	164952	2124
19	39900	24,07	13,30	27127,70	1,027	54,315	5,685	94,767	308,37	66,50	0,5391	—	—	174116	2242
20	42000	27,40	15,80	27516,40	1,042	54,200	5,800	96,767	342,50	79,00	0,5766	467	6,00	183280	2360
Impiego di un terzo cuneo															
21	44100	30,20	18,30	27880,90	1,056	54,050	5,950	99,167	377,50	91,50	0,6059	—	—	192444	2478
22	46200	32,90	20,80	28281,90	1,071	53,955	6,045	100,750	411,25	104,00	0,6329	—	—	201608	2596
23	48300	35,60	23,30	28751,30	1,089	53,850	6,150	102,500	445,00	110,50	0,6545	—	—	210772	2714

Parrebbe adunque che oltre un certo sforzo, coll'aumento delle pressioni interne, vi sia un aumento di sezione il quale giunge sino a circa il 7 p. °|₀.

L'aumento di volume non si può riscontrare in modo diretto poichè, attesa la piccola altezza dell'anello, le variazioni in quest'altezza non furono suscettibili di misurazione. Ciò malgrado, siccome in quest'anello come in quelli N° 1008, 992 e 993, la diminuzione di densità concorda coll'ingrandimento della sezione trasversale, così parrebbe potersi ammettere che effettivamente avvenne un vero aumento di volume.

L'aumento nella sezione trasversale non è di natura tale, da giustificare l'ipotesi emessa da taluni autori, che gli sforzi si propaghino dall'interno all'esterno dei tubi in ragione inversa dei diametri, cioè che la grossezza degli anelli rimanga costante. Se così fosse, occorrerebbe che gli allargamenti dei diametri interni ed esterni, a parità di sforzo, riuscissero uguali. Ora, dallo specchio antecedente si vede quanto questa proposizione sia lontana dal vero.

Da questo solo anello però non si può trarre una conclusione; e sono necessari altri fatti per appurare la quistione, giacchè in causa dell'aver dovuto impiegare varii cunei successivi, vi furono interruzioni nelle esperienze, e ad ogni estrazione di un cuneo per introdurne un altro maggiore accadde un restringimento dovuto all'elasticità dell'anello; queste circostanze possono aver influito sulle dilatazioni, e perciò sulle loro misure.

Debbo finalmente osservare che, gli anelli di bronzo deformandosi alquanto irregolarmente, le misure dei diametri interni ed esterni non possono ritenersi come perfettamente esatte; e siccome bastano errori piccolissimi per influire sui calcoli delle sezioni successive per ogni sforzo, si deve conchiudere che un tal genere di ricerche sarà più razionale se fatto sopra anelli di metalli più duri ed omogenei, come l'acciaio fuso e la ghisa.

§ V.

Della compressione degli anelli nel senso del raggio.

Nello specchio precedente, colonna 5ª, sono registrate le variazioni successive della grossezza, dedotte dalle differenze dei diametri interni

ed esterni; e si vede che la grossezza va gradatamente diminuendo coll'aumento delle pressioni finchè, presso alla rottura, la diminuzione è circa $^1/_{10}$, ed è pari all'accorciamento prodotto dallo sforzo di 14 chilogrammi per millim. quad. della sezione, ricavato da esperienze per compressione longitudinale con espansione libera (1).

§ VI.

Rapporto fra le dilatazioni lineari esterne ed interne.

Nella colonna N° 7 dello stesso specchio si hanno i rapporti degli allargamenti lineari esterni ed interni.

Si vede che questi variano da 0 a 0,6322, cioè tendono ad uguagliarsi a misura che aumentano le pressioni interne.

Nella colonna 9ª si calcolarono i valori del 1° termine dell'equazione generale; e nella colonna 8ª sono registrati gli errori che si commettono nel calcolo delle pressioni trascurando il 2° termine; ne risulta che un tal errore a ragione si può trascurare, poichè l'errore è minimo.

Le esperienze successive e su metalli più duri, come l'acciaio e la ghisa, danno pure risultati che confermano pienamente le semplificazioni introdotte nella formola.

Consideriamo ora gli strati interni ed esterni di un anello, supponendoli di grossezza infinitamente piccola; ricerchiamo quali allungamenti essi abbiano subito sotto le varie pressioni successive interne, e confrontiamoli con quelli per sforzi di trazione.

Perchè il confronto sia possibile bisogna considerare gli allungamenti proporzionali; ed essendo gli allungamenti delle circonferenze proporzionali a quelli dei diametri, se si riducono in millesimi dei diametri gli allargamenti misurati nell'anello del cannone N° 1004, avremo la colonna N° 6 dello specchio a pagina 305, la quale ci dà le dilatazioni proporzionali.

Confrontando le cifre di questa colonna con quelle date nella Parte Iª

(1) A pag. 27 è detto che cosa s'intenda per compressione libera.

a pag. 252, relative alle prove di trazione sul bronzo dello stesso cannone N° 1004, vediamo che:

L'allungamento delle fibre interne dell'anello sotto lo sforzo che precede la rottura è di millesimi 411;

L'allungamento medio alla rottura per trazione (che ha avuto luogo sotto lo sforzo di chilogr. 26,7 per millimetro quadrato) è di 260 millesimi;

Cosicchè la rottura delle fibre interne dell'anello succede quando esse hanno subito un allungamento di circa $^6|_{10}$ maggiore di quello di cui è capace lo stesso bronzo sottoposto a sforzi di trazione.

Vediamo per altra parte che la dilatazione delle fibre esterne dell'anello fu di millesimi 104 per lo sforzo anteriore alla rottura, e corrisponde ai soli $^4|_{10}$ di quella avvenuta alla rottura per sforzi di trazione.

Stando alle ipotesi ordinarie, la rottura avrebbe dunque dovuto succedere dall'interno all'esterno, e per uno sforzo minore, e cominciare con una spaccatura nella grossezza dall'interno all'esterno; sta invece che essa accadde contemporaneamente in tutta la sezione longitudinale dell'anello, e sotto uno sforzo molto maggiore.

Se prendiamo la media delle dilatazioni interne ed esterne dell'anello, allo sforzo prima della rottura, abbiamo:

$$\text{millesimi}\ \frac{411+104}{2} = 257{,}5$$

questa media cioè è pressochè uguale all'allungamento alla rottura per trazione; parrebbe perciò che per applicare la legge dell'allungamento delle fibre per trazione, a quello degli strati concentrici di un anello di questo bronzo della grossezza di $^3|_4$ di calibro, convenga riferirsi allo strato medio.

Vediamo ancora che l'allungamento medio al limite di elasticità per trazione è di millesimi 0,72, cioè inferiore persino all'allungamento delle fibre interne dell'anello sotto il primo sforzo (milles. 0,87). Ora, è difficile l'ammettere che, sotto la piccola pressione di circa 118 atmosfere, vi sia perdita d'elasticità nell'anello; il che significa che il limite d'elasticità per pressioni interne negli anelli sarebbe maggiore che per sforzi di sola trazione longitudinale.

§ VII.

Conclusioni.

Stando ai calcoli relativi a questo esperimento, sembra erronea l'ipotesi della invariabilità delle grossezze, cioè della variazione degli sforzi in ragione inversa dei diametri, poichè si riscontra una riduzione nella grossezza dell'anello, dovuta alla compressione delle fibre interne, a cui si oppone la resistenza degli strati esterni.

L'altra ipotesi dell'invariabilità della sezione, cioè del variare che farebbero gli sforzi in ragione inversa dei quadrati dei diametri, parrebbe eziandio contraddetta dai calcoli relativi alle sezioni di quest'anello del cannone N° 1004, nonchè dalle variazioni della sua densità, e di quella degli anelli N[i] 1008, 992 e 993.

Da questo esame possiamo dedurre altresì, che gli esperimenti per trazione, ed i coefficienti di elasticità e di tenacità che ne derivano, non possono servire per valutare e calcolare le pressioni interne nei cilindri. Nelle esperienze di cui ora trattiamo deve succedere, per effetto del forzamento, un vero spostamento molecolare, il quale permette alle fibre interne di cedere e muoversi scivolando le une sulle altre senza staccarsi, come accadrebbe per *trafilamento;* e pare che da quel lavorio interno delle molecole nascano nuove proprietà favorevoli alla resistenza.

Quest'ultimo fatto, della più alta importanza per lo studio delle resistenze dei cilindri alle pressioni interne, sarà ampiamente confermato dagli esperimenti che seguono.

Titolo II.

ESPERIENZE SOPRA ANELLI DI VARIE GROSSEZZE, DI BRONZO GETTATO CON RAFFREDDAMENTO LENTO E RAPIDO

§ I.

Dati di base delle esperienze.

Approfittando della circostanza del getto di un obice da cent. 22 di bronzo in pretella, si gettò contemporaneamente ad esso, dallo stesso forno, collo stesso bronzo, ed in una forma di terra, un cilindro di cent. 40 di diametro e di metri 1,50 di lunghezza.

Dagli esperimenti riferiti al Titolo I e dalle analisi degli anelli, erasi rilevato che il bronzo con titolo ordinario, gettato in pretella, accennava tuttavia ad una perdita di stagno (1); in causa di ciò, e per esperimentare se la durezza e la tenacità venissero altresì cresciute, fui indotto ad aumentare il titolo dello stagno destinato al getto dell'obice da cent. 22 in pretella.

Era importante l'esperimento comparativo della qualità del bronzo di questi due getti, perch'egli è appunto nei grossi calibri che si manifestano con maggior evidenza gl'inconvenienti del lento raffreddamento.

Operando su getti di diametro pressochè uguale, colla sola differenza della specie di raffreddamento, si eliminavano le cause principali di errore, dipendenti dalla diversa dimensione della massa da cui erano prelevati i saggi, ed i risultati degli esperimenti dovevano riuscir conchiudenti.

Avendo a disposizione getti di diametri sufficienti, si potè ricercare la legge di resistenza sopra anelli di diverse grossezze. — Si costrussero quindi per ciascun getto una serie di anelli delle grossezze di 1/4, 2/4, 3/4, 4/4, 5/4, 6/4, 7/4 di calibro. Questi anelli avevano il vano interno e l'altezza

(1) La spiegazione di questo fatto apparente verrà data più avanti.

come i precedenti, e la grossezza, rispettivamente per caduna serie, di millimetri 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140.

Tenendo conto di quanto era accaduto negli esperimenti sul bronzo già riferiti, si preparò un cuneo di grande lunghezza, per evitare l'impiego di cunei successivi.

Onde ottener poi fin da principio un combaciamento più perfetto del cuneo, si esercitò, tanto in questo esperimento, che in tutti i seguenti, una pressione primitiva di chilogr. 375 sul cuneo; gli sforzi successivi crebbero di 2677 in 2677 chilogrammi, pari ad atmosfere 150 per ogni sforzo.

§ II.

Confronto nel bronzo raffreddato lentamente con quello raffreddato rapidamente.

Nello specchio N° 21 sono contenuti i risultati parziali di questi esperimenti, ed a Tav. XXX^a se ne trovano le rappresentazioni grafiche.

Nello specchietto seguente sono riportate le sole pressioni interne che produssero le rotture degli anelli.

Anelli con grossezze crescenti da $^1/_4$ in $^1/_4$ di calibro, e di due specie di bronzo cioè gettato in forme di terra, ed in pretelle.

	Sforzi di rottura riferiti alla superficie interna primitiva					
	Anelli con grossezze in calibro di					
	$^1/_4$	$^2/_4$	$^3/_4$	$^4/_4$	$^5/_4$	$^6/_4$
	Atmosfere	Atmosfere	Atmosfere	Atmosfere	Atmosfere	Atmosfere
Bronzo gettato in terra . . .	715	1546	2205	2850	3407	3600
Id. in pretella . .	1031	2400	3048	3450	3600	Non si ottenne la rottura
Differenza di resistenza in favore del bronzo in pretella . . .	316	854	843	600	193	—

Dall'esame dei risultati emergono le considerazioni seguenti:

Resistenza alla rottura. — Alla rottura, e per anelli di qualsiasi grossezza, il bronzo gettato in pretella dimostrasi più resistente di

quello gettato in forme di terra. Il vantaggio va però scemando coll'aumento della grossezza. Se infatti per caduna grossezza, si prende per unità la resistenza del bronzo gettato in terra, si ha per le stesse grossezze in calibri di . . . . | $^1|_4$ | $^2|_4$ | $^3|_4$ | $^4|_4$ | $^5|_4$

una resistenza pel bronzo in pretella di | 1,44 | 1,55 | 1,38 | 1,21 | 1,05

Si ha pure che una grossezza di $^6|_4$ di calibro di bronzo gettato in terra, resiste come quella di $^5|_4$ di calibro di bronzo gettato in pretella.

Per le grossezze di $^3|_4$ di calibro, corrispondenti generalmente a quelle dei cannoni, il raffreddamento rapido dà un aumento di resistenza almeno di $^1|_3$.

Dalle rappresentazioni grafiche relative a queste due qualità di bronzo (Tav. XXX^a), risulta pure evidente la superiorità di quello raffreddato rapidamente.

Omogeneità del bronzo e titolo dello stagno. — Dall'osservazione delle superficie esterne degli anelli stati sottoposti agli esperimenti, risultano confermati i fatti rilevati già nel Titolo antecedente.

Gli anelli di bronzo gettati in pretella conservarono le loro superficie liscie, uniformi, a grana fina e compatta, anche quando sotto gli sforzi massimi si deformavano alquanto.

Le superficie esterne degli anelli di bronzo gettato in forme di terra si deformarono in modo caratteristico; diventarono ineguali, rugose, bernoccolute, ed in alcuni punti presentarono leggiere screpolature.

Le rotture degli anelli gettati in pretella presentano all'osservazione un bronzo di grana fina, uniforme, compatta, e senza alcuna traccia di separazione di stagno o di leghe ricche di stagno; mentre quelle degli anelli gettati in terra lasciano apparire distintamente particelle di stagno separato, sotto forma di goccioline inegualmente ripartite nella massa, e che soventi, riunendosi in alcuni punti, formano larghe macchie di stagno.

Partendo dalle osservazioni fatte per il passato sui getti del bronzo in grandi masse, si poteva supporre *a priori* che lo stagno, per l'effetto della liquazione e della più tarda solidificazione interna, dovesse portarsi in maggior copia nell'interno.

Ora appunto il fatto fu confermato dall'analisi; infatti, sebbene i due getti fossero tratti dallo stesso forno, fatti dello stesso bronzo, e, nel

prendere l'analisi complessiva, si procedesse al prelevamento della limatura per ogni anello, ricavandola colla lima su tutta la superficie nel senso della grossezza, ciò non di meno il bronzo gettato in pretella diede per analisi media totale (per 100 di lega) un titolo di 9,880 e quello gettato in terra di 10,447.

Questa differenza in più, apparente nel titolo dello stagno del getto in terra, è evidentemente dovuta a che, essendosi, nel totale della limatura, prelevata una maggiore quantità di quella interna che di quella esterna al getto (poichè tutti i saggi hanno comune l'interno, mentre i soli anelli di maggior grossezza si avvicinano all'esterno dei getti), ne doveva risultare che il getto contenente maggior quantità di stagno nelle parti centrali doveva trovarsi, all'analisi, più ricco di stagno, mentre il vero titolo medio dovrebbe essere quello dell'anello gettato in pretella, in cui lo stagno è più uniformemente ripartito.

Per verificar meglio l'esattezza di queste induzioni, e studiare più minutamente le variazioni di densità ed il diverso riparto dello stagno, per zone concentriche all'asse del getto, si costrusse con caduna qualità di bronzo un anello speciale, del diametro interno di millim. 80 ed esterno di millim. 360; questo si suddivise in 7 anelli sottili e concentrici, dell'eguale grossezza di millim. 10 circa.

Nello specchietto seguente si hanno le densità ed i risultati delle analisi di questi varii anelli.

DISTINZIONE DEGLI ANELLI grossezza millim. 10 altezza . . millim. 50		Obice da cent. 22 in pretella		Cilindro da cent. 30 in terra	
Numero	Diametro interno	Peso specifico	Stagno per 100 lega	Peso specifico	Stagno per 100 lega
1 Interno	millim. 80	8,524	9,754	8,656	10,698
2	120	8,601	9,754	8,637	10,069
3	160	8,637	9,754	8,644	10,226
4	200	8,681	9,912	8,680	9,912
5	240	8,688	9,912	8,647	10,069
6	280	8,729	10,132	8,644	10,069
7	320	8,754	10,226	8,758	10,226
Media aritmetica dei pesi specifici. . .		8,659	—	8,661	—
Me dia del titolo (calcolata tenendo conto dei volumi)		—	9,880	—	10,138

Dall'esame di questo specchietto risulta che, pel bronzo gettato in pretella, la densità ed il titolo dello stagno crescono molto regolarmente ed uniformemente dall'interno all'esterno, mentre per quello gettato in terra, vi sono sensibili irregolarità; e se appare che le densità seguano la stessa legge, sembra pur tuttavia che lo stagno abbia tendenza a portarsi al centro.

Se confrontiamo il titolo dello stagno, prendendo la media delle analisi di caduno degli anelli sottili succitati, si trova per titolo medio del bronzo in pretella 9,880, e per quello del bronzo gettato in terra 10,138, cioè una cifra di poco superiore.

Ricorderò qui che le analisi medie per tutti gli anelli esperimentati, e dedotte dalle limature tolte dalla superficie di caduno di essi, davano

invece per titolo medio del bronzo gettato in pretella . . . 9,880
e per quello » in terra 10,447
e questa differenza nei titoli medii è più spiccata. Ma ci basta il potere ora confermare che le induzioni fatte in principio circa la sensibile differenza di titolo (differenza ritenuta allora più apparente che reale) erano esatte, poichè appunto l'analisi dell'anello sottile N° 1 *interno* del bronzo gettato in terra, provò che effettivamente esso conteneva maggior quantità di stagno che non l'anello sottile pure *interno* del bronzo in pretella; epperciò anche il titolo medio, ricavato dalle limature prese su tutte le sezioni degli anelli esperimentati, doveva dare un titolo medio maggiore pel bronzo gettato in terra.

Dall'esame dello specchietto succitato, risulta poi evidente la più grande omogeneità del bronzo raffreddato rapidamente.

Influenza del titolo sulla resistenza. — Se confrontiamo lo sforzo di rottura dell'anello di $^{3}|_{4}$ di calibro di grossezza, e quello dell'obice da cent. 22 gettato in pretella, sforzo che è di atmosfere 3048 collo sforzo medio di rottura degli anelli dei cannoni di cent. 7,5 pure gettati in pretella (*Mirto*, *Mojola*), che è di atmosfere 2773, vediamo che l'obice di cent. 22 dimostrasi superiore, e ciò quantunque l'anello appartenga ad una massa maggiore, in cui la liquazione doveva avere per effetto di produrre una diminuzione di tenacità. Ne conchiudo perciò che, in questa circostanza, la superiorità del bronzo dell'obice deve attribuirsi specialmente alla maggior quantità di stagno ch'esso conteneva.

§ III.

Relazione fra la resistenza alla rottura e la grossezza degli anelli.

Se si prende per unità la resistenza alla rottura degli anelli di bronzo gettati in forme di terra od in pretella, della grossezza di $^{1}|_{4}$ di calibro, le resistenze corrispondenti per le altre grossezze sono nelle proporzioni seguenti:

	GROSSEZZE IN CALIBRI					
	1/4	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4
Bronzo gettato in terra	1	2,162	3,084	3,986	4,765	5,035
Id. in pretella	1	2,328	2,956	3,346	3,492	—

Da queste cifre, colle quali concordano le curve della resistenza rappresentate a Tav. XXX^{a}, si deduce che l'aumento della resistenza del bronzo gettato in terra è pressochè proporzionale alla grossezza, sino a quella di $^4|_4$ di calibro, quindi va rapidamente scemando; per quello gettato in pretella, l'aumento proporzionale della resistenza è massimo per la grossezza di $^3|_4$, quindi scema esso pure rapidamente.

§ IV.

Delle dilatazioni interne ed esterne.

Nello specchio parziale N° 21, confrontando gli allargamenti interni delle due specie di bronzo, si trova che, sotto le pressioni minori, quello in pretella accenna a maggior dilatabilità. Ciò si può attribuire alla minor quantità di stagno che gli anelli contengono internamente, in confronto agli anelli del bronzo raffreddato lentamente. Però, quando le pressioni aumentano, le dilatazioni, essendo contrastate più fortemente dalla resistenza delle fibre esterne, diventano notevolmente minori.

§ V.

Delle variazioni delle sezioni e delle dilatazioni in relazione alle grossezze.

Dallo specchio parziale N° 21 si calcolarono per l'obice da cent. 22 in pretella:

1° Le superficie delle sezioni trasversali degli anelli per ogni sforzo successivo, e per caduna grossezza; quindi, dividendole per la superficie

della sezione primitiva, si ricavarono i rapporti delle variazioni successive delle sezioni con quella primitiva;

2° I rapporti fra le dilatazioni lineari interne ed esterne;

3° Le dilatazioni interne ed esterne proporzionali ai diametri rispettivi, ed espresse in millesimi di quello primitivo.

I risultati consegnati nello specchio seguente possono fornire gli elementi per esaminare le leggi proprie alle variazioni subite dagli anelli per effetto del forzamento. Si scelse la serie del bronzo in pretella, perchè più omogeneo; ciò malgrado, i calcoli ed i confronti sono da ritenersi come *approssimati*, poichè il metallo si deformava sensibilmente; devesi quindi soltanto tener conto delle cifre nel loro andamento generale.

ESPERIENZE PER FORZAMENTO INTERNO CON CUNEO SUGLI

N° d'ordine degli sforzi	Pressione sulla superficie interna primitiva	Variazioni della sezione media trasversale e rapporto fra le dilatazioni dei diametri esterni ed interni													
		GROSSEZZA DEGLI ANE													
		$^{1}/_{4}$		$^{2}/_{4}$		$^{3}/_{4}$		$^{4}/_{4}$		$^{5}/_{4}$		$^{6}/_{4}$		$^{7}/_{4}$	
		Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti
	atmosfere														
1	150	1,000	—	1,000	0,000	1,000	—	1,000	—	1,000	—	1,000	—	1,000	—
2	300	1,003	0,055	1,001	0,100	1,000	0,153	1,000	—	1,000	—	1,000	—	1,000	—
3	450	1,002	0,127	1,002	0,156	1,001	0,200	1,001	0,027	1,001	—	1,000	—	1,000	—
4	600	1,030	0,069	1,002	0,304	1,000	0,205	1,001	0,069	1,001	—	1,000	—	1,000	0,094
5	750	1,001	0,680	1,001	0,463	1,000	0,311	1,001	0,121	1,001	—	1,000	—	1,000	0,076
6	900	0,988	0,740	1,000	0,509	1,001	0,329	1,001	0,158	1,001	0,078	1,000	0,080	1,000	0,064
7	1050	—	—	0,999	0,526	1,001	0,345	1,002	0,189	1,001	0,062	1,000	0,104	1,000	0,065
8	1200	—	—	0,998	0,588	1,001	0,378	1,002	0,214	1,002	0,093	1,001	0,139	1,000	0,093
9	1350	—	—	0,994	0,566	1,000	0,402	1,002	0,239	1,002	0,133	1,003	0,161	1,000	0,121
10	1500	—	—	0,989	0,593	1,000	0,411	1,001	0,268	1,002	0,138	1,001	0,180	1,001	0,122
11	1650	—	—	0,984	0,688	0,998	0,435	1,001	0,286	1,003	0,180	1,001	0,182	1,001	0,139
12	1800	—	—	0,977	0,619	0,996	0,451	1,002	0,295	1,003	0,222	1,002	0,182	1,002	0,118
13	1950	—	—	0,968	0,635	0,995	0,456	1,002	0,311	1,002	0,250	1,002	0,205	1,002	0,127
14	2100	—	—	0,958	0,649	0,992	0,476	1,001	0,331	1,002	0,261	1,004	0,215	1,001	0,142
15	2250	—	—	0,953	0,633	0,989	0,487	1,001	0,345	1,001	0,274	1,004	0,235	1,002	0,155
16	2400	—	—	0,951	0,659	0,985	0,546	1,001	0,349	1,000	0,251	1,005	0,230	1,002	0,170
17	2550	—	—	—	—	0,979	0,514	1,001	0,358	1,001	0,291	1,004	0,945	1,002	0,183
18	2700	—	—	—	—	0,978	0,519	0,999	0,372	1,001	0,293	1,003	0,276	1,002	0,190
19	2850	—	—	—	—	0,975	0,525	0,998	0,388	1,001	0,298	0,999	0,277	1,003	0,185
20	3000	—	—	—	—	0,974	0,525	0,994	0,398	1,001	0,309	0,998	0,282	1,004	0,193
21	3150	—	—	—	—	—	—	0,992	0,410	0,990	0,324	0,998	0,296	1,003	0,196
22	3300	—	—	—	—	—	—	0,991	0,417	0,997	0,341	0,998	0,295	1,003	0,210
23	3450	—	—	—	—	—	—	0,990	0,426	0,994	0,358	0,998	0,306	1,002	0,218
24	3600	—	—	—	—	—	—	—	—	0,992	0,367	0,996	0,311	1,000	0,225

ELLI DI BRONZO DELL'OBICE DA CENT. 22 IN PRETELLA

Dilatazioni dei diametri in millesimi di quelli primitivi													
CALIBRI													
1/4		2/4		3/4		4/4		5/4		6/4		7/4	
Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri	
Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni
2,25	0,08	2,50	0,12	1,62	0,10	2,62	0,00	3,87	0,00	2,00	0,00	3,87	0,00
3,87	0,33	4,00	0,31	2,50	0,20	4,50	0,04	4,87	0,00	3,00	0,00	5,25	0,00
20,12	0,92	7,75	0,87	4,25	0,35	5,37	0,12	5,87	0,00	4,12	0,00	6,62	0,14
41,87	19,00	15,37	3,81	9,62	1,20	8,25	0,54	6,75	0,00	5,37	0,00	8,12	0,14
81,87	40,42	26,25	0,69	17,37	2,30	13,37	0,71	8,00	0,18	7,75	0,16	9,75	0,14
154,62	80,33	40,12	12,56	27,50	3,80	18,50	1,12	10,00	0,18	12,00	0,31	11,37	0,28
—	—	54,62	16,06	39,62	6,00	23,87	1,71	13,25	0,36	18,00	0,62	13,25	0,28
—	—	76,37	21,62	54,37	8,75	29,12	2,33	18,75	0,72	24,00	0,99	15,50	0,42
—	—	107,00	31,75	70,87	11,65	35,87	3,21	27,00	1,07	31,25	1,41	18,87	0,55
—	—	147,50	41,50	90,62	15,80	47,12	4,50	38,00	1,96	41,00	1,87	23,50	0,69
—	—	196,00	60,75	113,75	20,55	63,00	6,17	53,37	3,39	54,87	2,50	31,87	0,83
—	—	247,00	78,44	138,50	25,30	84,37	8,71	69,75	5,00	70,00	3,59	43,62	1,25
—	—	336,37	106,06	169,12	32,15	109,75	12,12	88,37	6,61	87,00	4,69	57,00	1,81
—	—	377,87	123 06	203,62	36,22	136,50	15,71	111,50	8,75	106,50	5,94	72,50	2,50
—	—	433,37	144,94	242,50	48.45	163,50	19,04	132,00	11,25	125,00	7,19	87,50	3,33
—	—	—	—	291,62	60,00	193,00	22,62	156,62	13,03	145,12	8,91	102,50	4,17
—	—	—	—	326,62	67,40	117,50	26,96	183,37	15,35	167,50	10,94	118,12	5,00
—	—	—	—	377,12	79 20	244,62	31,71	210,00	17,86	196,62	13,59	138,00	5.69
—	—	—	—	524,12	91,50	283,37	37,75	239,00	21,07	227,50	16,09	155,12	6,94
—	—	—	—	533,37	120,00	318,62	43,62	270,00	25,00	255,00	18,91	172,50	7,77
—	—	—	—	—	—	315,37	48,04	300,00	29,28	281,62	21,72	196,25	9,17
—	—	—	—	—	—	383,37	54,50	331,25	33,57	308,37	23,91	217,50	10,55
—	—	—	—	—	—	425,00	62,42	371,00	38,57	337,50	26,25	239,00	11,94
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Dall'esame delle variazioni delle sezioni trasversali risulta che, per gli anelli più sottili, vi è una diminuzione di sezione coll'aumento delle pressioni; ma, crescendo le grossezze, le sezioni hanno la tendenza a mantenersi costanti. Se si osserva che, negli anelli di minor grossezza, le deformazioni furono maggiori, si può ritenere che per questo bronzo, l'ipotesi dell'invariabilità della sezione si accosta al vero per le grandi grossezze, ma per le grossezze ordinarie ai cannoni, vi è riduzione della sezione (1).

Considerando i rapporti fra le dilatazioni lineari esterne ed interne, si vede che questi rapporti crescono colle pressioni, e diminuiscono coll'aumento delle grossezze; ossia, che le dilatazioni esterne tendono ad uguagliare quelle interne a misura che aumentano le pressioni, ma questa tendenza decresce coll'aumento delle grossezze.

Resta adunque confermato che l'ipotesi dell'invariabilità della grossezza è erronea, mentre quella della invariabilità della sezione pare esser più prossima al vero.

§ VI.

Degli allungamenti interni ed esterni degli anelli in confronto delle esperienze per trazione.

È interessante rilevare quali sieno le relazioni fra gli allungamenti per trazione longitudinale, e quelli per dilatazione interna. Prendiamo infatti il bronzo dell'obice da cent. 22 gettato in pretella, del quale sono riferite nella parte prima (pag. 252) le esperienze per trazione con sforzi successivi sino alla rottura, e le misure degli allungamenti ridotti in millesimi della lunghezza primitiva. Paragoniamo questi allungamenti con quelli indicati nella seconda parte dello specchio a pag. 319, il quale contiene eziandio le dilatazioni proporzionali delle fibre interne ed esterne degli anelli, in millesimi dei diametri primitivi.

Le medie degli esperimenti per trazione ci danno, che l'allungamento alla rottura, corrispondente allo sforzo di chilogrammi 26,97, è di mil-

(1) Questi risultati alquanto contraddittorii con quelli dello specchio a pagina 305 sono però più attendibili, giacchè per l'anello del cannone N° 1004 esperimentato in principio, s'impiegarono tre cunei successivi e vi furono interruzioni negli esperimenti; si può ammettere perciò che le condizioni del metallo potevano variare in altro modo.

lesimi 116,20; confrontando questo valore con quello dell'allungamento alla rottura delle fibre interne degli anelli per lo sforzo antecedente a quello di rottura, si rileva che quest'ultimo è assai superiore, ed all'incirca inversamente proporzionale alle grossezze, mantenendosi ancora del doppio per la grossezza di $^7|_4$. In quanto alle fibre esterne degli anelli, il loro allungamento è esso pure superiore a quello per trazione, ed all'incirca inversamente proporzionale alle grossezze; esso raggiunge il valore di quello per trazione, per la grossezza di $^3|_4$; quindi decresce in proporzione della grossezza.

Adunque, per anelli di grossezze inferiori a $^3|_4$ di calibro, le dilatazioni di tutte le fibre degli anelli sono superiori a quelle proprie del bronzo esperimentato per trazione; per la grossezza di $^3|_4$, le fibre esterne subiscono circa lo stesso allungamento che sotto gli sforzi di trazione; quindi, per le maggiori grossezze, mentre gli allungamenti interni si mantengono superiori sempre a quelli di trazione corrispondenti, quelli esterni vanno decrescendo.

Applicando qui i coefficienti di resistenza per trazione, la rottura dovrebbe adunque succedere per sforzi molto minori, e successivamente dall'interno all'esterno; mentre, negli anelli, la rottura ha luogo per tutta la sezione contemporaneamente.

Circa l'elasticità per sforzi successivi di trazione, si ha che, sotto lo sforzo al limite di elasticità (chilogr. 13), l'allungamento momentaneo è di millesimi 1,35.

Negli anelli, anche sotto la minima pressione interna di sole 150 atmosfere, la dilatazione delle fibre interne parrebbe superare questo limite; ma molto probabilmente, ciò dipende dal non perfetto combaciamento del cuneo colla superficie interna dell'anello.

Non essendo supponibile che sotto quella piccola pressione vi sia già una dilatazione permanente, bisogna conchiudere che alle pressioni interne non sono applicabili le leggi dell'elasticità ricavate da esperimenti alla trazione.

Ma, come già si disse, queste varie conclusioni, dedotte dall'andamento generale delle dilatazioni del bronzo, devono ritenersi soltanto come approssimate. Rimane perciò nuovamente confermato che, per poter conchiudere in modo più preciso sulle leggi seguite dalle sezioni, convien ricorrere a metalli più omogenei e meno duttili.

§ VII.

Conclusioni sul bronzo raffreddato rapidamente e lentamente.

Lasciamo ora in disparte le considerazioni sul diverso riparto dello stagno nelle masse a seconda del diverso raffreddamento, e l'esame delle dilatazioni per sforzi successivi e crescenti col cuneo, sforzi che non mettono in azione l'elasticità, e perciò non possono valere ad un confronto razionale con quanto succederebbe nel bronzo di una bocca da fuoco sottoposta allo sparo. Prendiamo soltanto a considerare la resistenza totale alla rottura degli anelli della grossezza di $^3/_4$ di calibro, che è quella ordinaria delle bocche da fuoco di bronzo, ed avremo il riepilogo finale seguente, dedotto dagli esperimenti fin qui descritti (1).

(1) Vi si aggiunse pure l'anello del cannone da cent. 8, N° 981 gettato in terra e di cui si parlerà più avanti.

RISULTATI FINALI ALLA ROTTURA, pel confronto del bronzo gettato in forme di terra ed in pretella.

ANELLI di bronzo dell'altezza di mill. 30, del calibro medio interno di mill. 80 e del diametro esterno di mill. 200, cioè con grossezza uguale a $^3/_4$ di calibro.

	Sforzo di rottura	
	Sul cuneo	Riferito alla superficie interna primitiva
Bronzo gettato in terra.	Chilogr.	Atmosfere
1 Anello del cannone da cent. 7,5 (Comitato) *Mola* N° 992. Titolo dello stagno per 100 lega : 9,20	40600	2280
2 Anello del cannone da cent. 7,5 (Comitato) *Mira* N° 991. Titolo dello stagno per 100 lega : 9,20.	40110	2254
3 Anello del cannone da cent. 8 modello 1863 N° 981	38550	2160
4 Anello ricavato da un cilindro di cent. 40 di diametro gettato in terra, contemporaneamente ad un obice da cent. 22 gettato in pretella Titolo dello stagno per 100 lega : 10,447	39352	2250
Sforzo medio di rottura di 4 anelli . . . . Chilogr.	39653	2236
Bronzo gettato in pretella.		
1 Anello del cannone da cent. 7,5 (Zanolini) *Mirto* N° 1004. Titolo dello stagno per 100 lega : 8,40.	48300	2714
2 Anello del cannone da cent. 7,5 (Comitato) *Mojola* N° 1008. Titolo dello stagno per 100 lega : 9,36	50400	2832
3 Anello di un obice da cent. 22 gettato in pretella. Titolo dello stagno per 100 lega : 9,88	54400	3048
Sforzo medio di rottura dei tre anelli. . . Chilogr.	51033	2865

Adunque, per le grossezze di $^3|_4$ di calibro, il bronzo gettato in pretella ha una resistenza alla rottura di circa $^1|_3$ maggiore di quello gettato in terra.

Resta perciò vieppiù confermato che devesi preferire ***il getto a pronto raffreddamento in pretella***, il quale offre, come già abbiam fatto notare nella parte 1ª, il vantaggio di una economia notevole di spesa e di tempo.

§ VIII.

Proposta per accrescere la durezza interna delle bocche da fuoco da campagna in bronzo.

Dai risultati ottenuti per compressione interna, si potrebbe trar partito per accrescere la durezza interna dei cannoni di bronzo di piccolo calibro, e ciò col metodo seguente:

Trapanando il cannone ad un calibro alquanto minore e ponendolo in apposita matrice esterna, si allargherebbe l'anima, comprimendone le pareti con cunei successivi di diametri crescenti, sforzandoli a scorrere lungo l'anima stessa, per mezzo di una pressione esercitata, ad esempio, con uno strettoio idraulico.

Si avrebbe così un aumento notevole nella densità totale del bronzo, e specialmente nello strato interno; quest'aumento di densità produrrebbe il vantaggio di accrescere la durezza del metallo.

Titolo III.

ANELLO DI BRONZO TUBATO CON ACCIAIO

§ I.

Dei cannoni di bronzo tubati con acciaio.

Se per una parte il bronzo presenta una grande tenacità, la sua duttilità lo rende per altro poco atto a resistere a forti cariche; abbiamo infatti veduto in queste esperienze, che il diametro interno degli anelli può allargarsi persino di $^1|_8$ calibro circa prima della rottura. Anche usando le cariche moderate generalmente in uso nei cannoni di piccolo calibro e rigati, un tal metallo deve opporre poca resistenza al logoramento ed agli allargamenti di calibro.

A rimediare esclusivamente a questo difetto di durezza e per i soli cannoni da campagna, i quali sparano con piccola carica, immaginai un sistema di fabbricazione particolare, la cui proposta di prova venne accettata dal Ministero della Guerra.

In seguito quindi all'autorizzazione avuta, furono costrutti con questo sistema due cannoni distinti col N° 1005 e 1006.

Di questi cannoni, delle cui dimensioni non è caso di parlare, solo trattandosi di esaminarli sotto il punto di vista della conservazione dell'anima, quello col N° 1006 di fondita, dopo 1200 spari eseguiti a carica ordinaria, presentava l'anima ancora in perfetto stato di conservazione, senza alcuna corrosione, nè allargamento di calibro, e manteneva una esattezza di tiro pienamente soddisfacente.

Questi cannoni furono costrutti col seguente procedimento:

La pretella destinata a ricevere il bronzo fuso era in ghisa, di dimensioni e forme interne simili a quelle del cannone, accresciute solo di quel tanto necessario per la lavorazione al tornio. Nel centro della pretella si dispose verticalmente un tubo, che era di acciaio inglese pel cannone N° 1006, e di acciaio Glisenti per l'altro cannone.

Il tubo aveva il diametro interno di 70 millimetri, e quello esterno di millimetri 95, eccetto all'altezza che doveva corrispondere alla camera; quivi eravi invece una parte conica, la quale si raccordava nella culatta ad una parte cilindrica del diametro di millimetri 113; cosicchè portando l'anima al calibro esatto, il tubo d'acciaio riusciva di una grossezza di millimetri 17 in culatta, e di millimetri 10 in volata.

Il tubo aveva ricevuto esternamente una preparazione speciale, destinata a facilitare la sua aderenza al bronzo fuso gettato nella pretella; e si ebbe pure ricorso a metodi speciali perchè nel riscaldamento e successivo raffreddamento, non succedesse l'inflessione del tubo.

Il raffreddamento fu prontissimo, mercè il grande disperdimento di calorico attraverso ad una pretella di soli 45 millim. di grossezza, ed inoltre potentemente accelerato da una corrente rapidissima d'aria fredda che passava nell'interno del tubo.

Il raffreddamento stesso riuscì probabilmente più repentino nell'interno che nell'esterno, essendo il tubo molto più sottile della pretella, ed in causa altresì della corrente d'aria ora detta; si potè osservare infatti che l'interno perdette il colore rosso prima dell'esterno.

Mercè le disposizioni sovra riferite, le quali, previste, formavano appunto gli elementi tecnici della proposta, avevo per iscopo di raggiungere i seguenti risultati:

1° Durezza dell'anima, in causa della sostituzione dell'acciaio al bronzo;

2° Maggior resistenza agli allargamenti, sotto sforzi di poco superiori alle pressioni delle cariche ordinarie;

3° Intima unione del tubo e del bronzo, mercè la preparazione speciale dell'esterno del tubo;

4° Aumento della resistenza totale del cannone, per effetto del sistema di raffreddamento dall'interno all'esterno, giacchè il bronzo, nel passare dallo stato solido del color rosso a quello di completo raffreddamento, doveva comprimere il tubo dall'esterno all'interno, in direzione opposta per l'appunto alle forze di dilatazione agenti sotto l'azione della carica;

5° Aumento di resistenza del bronzo stesso per effetto del raffreddamento rapidissimo, che doveva impedire ogni liquazione e migliorare la resistenza assoluta.

Prima che si addivenisse agli esperimenti di tiro, volli ricercare esperimentalmente la resistenza del cannone, adoperando il forzamento con cuneo in un anello estratto dal cannone stesso. Riferisco qui appresso i risultati di tale esperimento.

§ II.

Esperimento sopra un anello estratto da un cannone di bronzo tubato d'acciaio.

Dalla materozza del cannone da cent. 7,5 N° 1006, si tolse un disco il quale, lavorato e preparato al tornio, aveva le precise dimensioni di quelli estratti dai cannoni da cent. 7,5 N^i^ 992, 993, 1004, 1008 citati al Capitolo II, Titolo I, colla sola differenza che, nell'interno e concentricamente al vano conico, eravi un anello d'acciaio della grossezza media di millim. 17, in sostituzione di altrettanto bronzo; l'anello aveva quindi la forma e le dimensioni indicate nella figura seguente:

Questo anello venne sottoposto ad esperimenti di forzamento con cuneo, pari a quelli citati al Titolo I.

Il risultato fu che la rottura del tubo d'acciaio ebbe luogo dopo il 13° sforzo successivo, sotto una pressione interna di 1581 atmosfere, rimanendo intiero l'anello esterno in bronzo.

Se paragoniamo questo sforzo di rottura del solo tubo interno di acciaio di 17 millimetri di grossezza, a quello medio degli anelli di solo bronzo dei cannoni succitati, e della grossezza di $^3|_4$ di calibro, troviamo:

	Atmosfere
Per la media dei due anelli dei cannoni gettati in terra	2267
Idem in pretella	2773

cosicchè la resistenza dell'anello tubato risulta inferiore.

Un tal risultato era prevedibile, poichè le pressioni interne, propagandosi nella massa dell'anello, dovevano aver per effetto di allargare il diametro interno del bronzo; e quando questa dilatazione avrebbe superato quella massima di cui poteva esser capace l'anello interno d'acciaio colle dimensioni sue proprie, il tubo doveva rompersi. Con un tubo d'acciaio di maggior grossezza, evidentemente la rottura sarebbe succeduta sotto sforzi maggiori. Ed è perciò che fin da principio osservavo, che il cannone di bronzo con tubo d'acciaio delle dimensioni fissate non avrebbe potuto reggere *a forti tensioni*, ma ritenevo le dimensioni del tubo sufficienti per un cannone di piccolo calibro ed a *carica ordinaria*.

Questa resistenza ad una pressione di 1581 atmosfere è però assai soddisfacente, poichè ritenendo un istante questa pressione come praticamente vera, essa è superiore assai alle pressioni massime prodotte dallo sparo a carica ordinaria. Quelle misurate nei nostri cannoni da centimetri 7,5 di nuovo modello, col *pressure-piston* Rodman, vennero infatti segnate in 1200 atmosfere circa.

Si può a tal proposito osservare di passaggio, che il calcolo delle pressioni interne sull'anello corrisponde approssimativamente ed in modo assai soddisfacente a quello delle stesse pressioni nel tiro. Credo però che, sotto l'azione momentanea dei gas, il cannone tubato potrebbe reggere effettivamente a tensioni maggiori di quelle esercitate dal forzamento di un cuneo con sforzi successivi, le quali ultime annullano gran parte delle proprietà elastiche dei metalli.

Sin ora parlai del solo sforzo di rottura; nel seguente specchio riferisco le misure degli allargamenti subiti dall'anello, il cui esame è assai importante.

Esperimento sull'anello del cannone da cent. 7,5, N° 1006, gettato in pretella e con tubo interno d'acciaio.

Grossezza del bronzo mill. 43, del tubo mill. 17.

Numero progressivo degli sforzi	Sforzi sulla testa del cuneo	Allungamenti successivi dei diametri	
		Interni	Esterni
	Chilogrammi	Millimetri	Millimetri
1	2100	0,07	0,00
2	4200	0,17	0,00
3	6300	0,25	0,00
4	8400	0,29	0,00
5	10500	0,32	0,20
6	12600	0,36	0,20
7	14700	0,39	0,25
8	16800	0,42	0,25
9	18900	0,45	0,25
10	21000	0,50	0,25
11	23100	0,51	0,25
12	25200	0,53	0,25
13	27300	0,60	0,25

Da questo specchio risulta che gli allargamenti interni ed esterni sono piccolissimi.

Se paragoniamo le dilatazioni di quest'anello tubato, con la media di quelli dei cannoni di solo bronzo, verificatesi sotto il tredicesimo sforzo che precedette quello di rottura del tubo, avremo:

	Anelli di cannoni da cent. 7,5		
	Tubato	Media dei cannoni	
	N° 1006	Gettati in terra N¹ 992 e 993	Gettati in pretella N¹ 1004 e 1008
Allargamenti interni in millimetri	0,60	13,20	9,79
Id. esterni id.	0,25	6,7	4,60

L'anello tubato presenta adunque un allargamento di calibro molto minore, poichè esso raggiunge soltanto i $^{45}/_{1000}$ di quello medio degli anelli di bronzo ordinario, ed i $^{61}/_{1000}$ di quello medio degli anelli del bronzo in pretella.

Questa circostanza è favorevolissima alla conservazione dell'anima; infatti, quand'anche la pressione della carica giungesse a 1500 atmosfere, è assai probabile che, per la brevissima durata della pressione stessa, le pareti non raggiungerebbero la dilatazione prodotta dallo sforzo permanente del cuneo, e l'anima non subirebbe quindi alcun allargamento. — Pare appunto che, nelle esperienze di tiro eseguite col cannone N° 1006, non si sia mai superato il limite di elasticità, non essendo dopo 1000 colpi avvenuta alcuna fessura, nè manifestatosi alcun allargamento di calibro.

§ III.

Conclusioni sui cannoni di bronzo tubati con acciaio.

Da questo esperimento, convalidato in parte dalla esperienza di tiro, credo poter conchiudere, che il sistema è adatto per cannoni di piccolo calibro a carica moderata. Il tubo infatti offre sufficiente resistenza alla rottura; e quand'anche questa succeda, la parte in bronzo guarentisce i serventi da ogni pericolo.

Si otterrebbe così il vantaggio essenziale della conservazione dell'anima, mediante la sostituzione dell'acciaio al bronzo, e ciò nella proporzione appena necessaria a resistere alle tensioni delle cariche ordinarie dei cannoni di piccolo calibro.

Non credo però si possa applicare il sistema di tubatura ai cannoni di bronzo di gran calibro, ed a forti cariche. L'applicazione a calibri maggiori dell'attuale potrà solo farsi, fra certi limiti, dando dimensioni proporzionate al tubo di acciaio.

Titolo IV.

ESPERIMENTI COMPARATIVI FRA IL BRONZO FOSFOROSO DA CANNONI DEL SIGNOR MONTEFIORE-LEVI E QUELLO ORDINARIO

Nella Parte I^a^ (pag. 275) vennero già riferiti i risultati delle esperienze per trazione longitudinale eseguite sul bronzo fosforoso proposto dal sig. Montefiore-Levi. Questi risultati non mi erano parsi tali da consigliar l'adozione del bronzo fosforoso per la costruzione delle artiglierie. Se non che, ed a stabilire in modo più preciso ancora e definito le proprietà di un tal metallo, in confronto con quelle del bronzo ordinario, riusciva interessante l'esperimentarlo pure sotto forma d'anelli e per forzamento interno. Si ottenevano con ciò nuovi elementi per paragonare tra loro i due generi di prove meccaniche, e per ricercare le relazioni esistenti fra tali prove e quelle di tiro ad oltranza, cui trovansi tuttora sottoposti cannoni di bronzo fosforoso.

Perciò, dalle materozze di due cannoni da cent. 7,5, l'uno di bronzo ordinario distinto col N° 1012, l'altro di bronzo fosforoso col N° 1015, si estrasse un anello delle solite dimensioni, dell'altezza cioè di millimetri 30 e del diametro esterno di millimetri 200, corrispondente ad una grossezza di $^3/_4$ di calibro. I due anelli si sottoposero alle prove di forzamento interno, seguendo il metodo già esposto.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

Numero progressivo degli sforzi	SFORZI SUCCESSIVI SULLA TESTA DEL CUNEO	Cannone da cent. 7,5 di bronzo fosforoso N° 1015 Titolo 90,157 — Rame 90,072 — Stagno 9,419 — Fosforo 0,509				Cannone da cent. 7,5 di bronzo gettato in pretella N° 1012 Titolo 11,181 — Rame 89,942 — Stagno 10,058				Pressione sulle superficie interne
		Allungamenti successivi dei diametri				Allungamenti successivi dei diametri				
		Misurati		In millesimi dei primitivi		Misurati		In millesimi dei primitivi		
		Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	
	Chilogrammi	Millim.	Millim.	Milles.	Milles.	Millim.	Millim.	Milles.	Milles.	Atmosfere
1	2677	0,03	—	0,375	—	0,03	—	0,375	—	150
2	5354	0,15	0,03	1,875	0,150	0,10	0,02	1,125	0,100	300
3	8031	0,27	0,15	3,375	0,750	0,18	0,07	2,525	0,350	450
4	10708	0,33	0,21	4,125	1,050	0,26	0,09	3,250	0,450	600
5	13385	0,48	0,23	6,000	1,150	0,40	0,12	5,000	0,600	750
6	16062	0,72	0,25	9,000	1,250	0,68	0,24	9,500	1,200	900
7	18739	1,26	0,39	15,750	1,950	1,28	0,45	16,000	2,250	1050
8	21416	2,31	0,95	28,875	4,750	2,76	1,15	34,500	5,750	1200
9	24093	4,26	1,86	53,250	9,300	4,85	2,07	60,625	10,350	1350
10	26770	6,90	3,16	86,250	15,800	7,65	3,40	95,625	17,000	1500
11	29447	8,84	4,15	110,500	20,750	10,77	4,98	134,625	24,900	1650
12	32124	13,24	6,14	165,000	30,700	13,43	6,37	167,875	31,850	1800
13	34801	15,56	7,80	194,500	38,500	16,29	8,20	203,625	41,000	1950
14	37478	18,05	9,12	225,625	45,600	21,88	11,13	273,500	55,650	2100
15	40155	25,19	13,13	314,875	65,650	25,85	13,37	323,125	66,850	2250
16	42832	30,52	16,26	381,500	81,300	31,32	16,70	391,500	83,500	2400
17	45509	—	—	—	—	34,37	18,48	429,625	92,400	2550
18	48186	—	—	—	—	36,31	19,65	453,875	98,250	2700
19	50863	—	—	—	—	40,17	21,80	502,125	109,000	2850
		Sforzo di rottura in chilogr.			45000	Sforzo di rottura in chilogrammi				50880
		Sforzo di rottura in atmosfere			2521	Sforzo di rottura in atmosfere				2851

Abbiamo trovato antecedentemente che la resistenza media degli anelli di bronzo ordinario *gettato in pretella* era di atmosfere 2865; ed ora per l'anello del cannone N° 1012 troviamo atmosfere 2851, cioè una resistenza molto prossima a quella media. Abbiamo pure trovato che la resistenza media degli anelli di bronzo ordinario *gettato in forme di terra* era di atmosfere 2236.

Si deduce adunque dalle esperienze sugli anelli, che le resistenze del bronzo *ordinario* gettato in *pretella*, del bronzo *fosforoso* gettato in *pretella*,

e del bronzo *ordinario* gettato in *forme di terra* stanno fra loro nel rapporto di 128 : 123 : 100.

Questi risultati confermano pienamente quelli delle esperienze per trazione longitudinale, dai quali risulta pure che il bronzo ordinario gettato in pretella ha maggiore resistenza di quello fosforoso, ed entrambi resistenza maggiore del bronzo ordinario gettato in terra.

CAPITOLO III.

ESPERIENZE SOPRA ANELLI DI GHISA DI VARIE GROSSEZZE

§ I.

Specie della ghisa. — Numero e dimensioni degli anelli.

Queste esperienze ebbero per iscopo le seguenti ricerche:

1° Confronto fra le resistenze della ghisa di 1ª fusione di Allione e quella della Miscela N° 41 della fonderia di Torino;

2° Confronto fra la ghisa da cannone della Miscela N° 41 ora detta, e quella dei cannoni esteri;

3° Studio della resistenza in relazione colla grossezza, per le varie specie di ghisa.

Per quest'ultima ricerca, alle specie di ghisa ora indicate, si aggiunse quella Gartschery, quantunque non sia ghisa da cannoni, essendo essa molto più dolce.

Le specie di ghisa sperimentate furono quindi:

1° *Ghisa di Allione di 1ª fusione* uguale a quella ordinaria da cannoni; gli anelli furono estratti da un cilindro di 40 cent. di diametro, gettato direttamente dall'alto forno del sig. cav. A. Gregorini, e presi nella parte più bassa del getto.

2° *Ghisa della miscela N° 41*, che era impiegata in quel momento per la fondita di cannoni e composta di:

$^{3}|_{12}$ di Allione di 1ª fusione in pani,

$^{4}|_{12}$ di artiglierie fuori servizio francesi,

$^{2}|_{12}$ id. inglesi,

$^{3}|_{12}$ di ghisa di 2ª fusione in materozze, tronchi e canali della Fonderia di Torino;

Gli anelli furono ricavati da un cilindro appositamente gettato col forno a riverbero, e delle dimensioni dette sopra.

3° *Ghisa inglese della marca Gartschery del N° 1* da getti diversi;

gli anelli furono tolti da un cilindro gettato appositamente, e delle stesse dimensioni.

4° *Ghisa di un cannone austriaco* da cent. 15 col N° 1981 di matricola, della fonderia Mariazell; gli anelli furono tolti dalla culatta.

5° *Ghisa di un cannone svedese* da cent 15, N° di matricola 4112 della fonderia di Staffsjö; gli anelli furono tolti dalla culatta.

6° *Ghisa di un cannone inglese* da cent. 15, N° 3930, della fonderia di Carron; gli anelli furono tolti dalla culatta;

7° *Ghisa di un cannone francese* da cent. 15, N° 4938, della fonderia di Ruelle; gli anelli furono tolti dalla culatta.

Tutti gli anelli furono estratti dalle parti più basse dei getti, sottoposte perciò alla pressione di tutta la materozza, e da cilindri o cannoni aventi prossimamente lo stesso diametro, e trovantisi quindi nelle stesse condizioni di raffreddamento e di pressione.

Adottando queste norme per la scelta e la preparazione dei saggi, si evitavano molte cause d'errori, e si potevano confrontare i risultati in modo esatto fra loro, ed anche con quelli dei getti di bronzo di cui si trattò al Titolo II.

Per lo studio delle relazioni fra le resistenze e le grossezze, si prepararono anelli delle grossezze di $^1|_4$, $^2|_4$, $^3|_4$, $^4|_4$, $^5|_4$, $^6|_4$, $^7|_4$ di calibro per le tre prime specie di ghisa; e per i cannoni esteri, gli anelli vennero limitati alle grossezze di $^3|_4$, $^5|_4$, $^7|_4$, onde non moltiplicar di troppo il numero delle esperienze.

Queste esperienze vennero eseguite come già venne descritto al Titolo II, esercitando cioè sforzi successivi di 2677 chilog. sulla testa del cuneo; si diede eziandio una pressione preliminare di 375 chilog., che dirò di *combaciamento*.

§ II.

Risultati delle esperienze per forzamento sopra anelli di ghisa.

I risultati parziali sono notati negli specchi N[i] 22 e 23 dell'Atlante, e gli sforzi di rottura sono riassunti nello specchio seguente che, per facilità di confronto, comprende eziandio i risultati del bronzo e dell'acciaio Krupp (V. Cap. I seguente) ed ove le varie specie di ghisa sono ordinate per resistenza decrescente. A Tav. XXX[a] si trovano le relative rappresentazioni grafiche.

ESPERIENZE DI ROTTURA PER FORZAMENTO INTERNO con cuneo, sopra anelli di ghise diverse, di bronzo e d'acciaio Krupp del diametro medio interno di mill. 80, dell'altezza di mill. 30 e di grossezze diverse espresse in quarti di calibro.

(*Per i risultati parziali vedansi gli Specchi* I, II, IV, V).

INDICAZIONE DELLA SPECIE DEL METALLO E DEI GETTI DA CUI FURONO ESTRATTI GLI ANELLI	SFORZI DI ROTTURA — In atmosfere sulla superficie interna primitiva — Anelli con grossezze in calibri di 1/4	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	Totale in chilogrammi sulla testa del cuneo — Anelli con grossezze in calibri di 1/4	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4
Bronzo														
Media di due anelli da cannoni da cent. 7,5 (Mirto, Mojola) gettati in pretella	—	—	2773	—	—	—	—	—	—	49300	—	—	—	—
» (Mola, Mira) » terra	—	—	2267	—	—	—	—	—	—	39773	—	—	—	—
Anello di un cannone da cent. 8, N° 981, gettato in terra	—	—	2160	—	—	—	—	—	—	38550	—	—	—	—
Obice da cent. 22, gettato per esperimento in pretella	1031	2400	3048	3450	3600	(1)	(1)	18405	42832	54400	61571	64248	(1)	(1)
Cilindro da cent. 30 di diam. gettato in terra (colla stessa bronzo dell'obice da cent. 22)	715	1546	2250	2650	3407	3000	(1)	12760	27600	39352	50863	60800	64248	(1)
Ghisa														
Cilindro di ghisa d'Allione, 1ª fusione (Gregorini) del diametro di cent. 40	717	1500	2400	3115	3350	3450	(1)	12800	20770	49832	55600	50800	61571	(1)
» Miscela N° 41 (Torino) » » 40	783	1608	2250	2712	3092	3750	(1)	13970	29240	40155	48400	58700	66925	(1)
Cannone da cent. 15, austriaco (Mariazell) N° 1981	—	—	2219	—	2815	—	(1)	—	—	39040	—	50100	—	(1)
» svedese (Staffsjö) » 4112	—	—	1650	—	2821	—	3000	—	—	29147	—	50400	—	61248
» inglese (Cerron) » 3940	—	—	1778	—	2169	—	3000	—	—	31710	—	42260	—	58094
Cilindro di ghisa di Gartscherry per getti diversi	443	818	1277	1636	2017	2250	2570	7900	14600	22900	26200	36000	40155	45600
Cannone da cent. 15, francese (Ruelle) N° 4938	—	—	1131	—	1120	—	1983	—	—	20180	—	25340	—	32400
Acciaio Krupp														
Anelli d'acciaio ricavati da un cannone Krupp da cent. 22	2486	4350	(2)	—	—	—	—	—	—	(2)	—	—	—	—

(1) Stante il gran diametro degli anelli, la macchina non permetteva di spingere oltre la pressione, e non si ottenne la rottura.
(2) Lo sforzo di rottura non potè esser raggiunto: probabilmente sarebbe di 6000 atmosfere circa.

Il segno — indica che non vennero fatti esperimenti su anelli della grossezza indicata nelle colonne.

§ III.

Confronto delle resistenze alla rottura di anelli d'ugnali grossezze e di varie specie di ghisa.

Dallo specchio risulta che le varie specie di ghisa sarebbero da classificarsi, in ordine alla loro resistenza, nel modo seguente:

1° *Ghisa d'Allione sola*, che supera tutte le altre ed anche il bronzo gettato in forme di terra; e che, colla sola grossezza di $^3|_4$ di calibro, è superiore in resistenza alla ghisa da cannoni francese della grossezza di $^7|_4$, ed uguaglia quella dei cannoni inglesi (Carron) della grossezza di $^5|_4$.

2° *Ghisa della miscela* N° 41, che supera quella di tutti i cannoni esteri ed il bronzo gettato in forme di terra, e che con la sola grossezza di $^3|_4$ è più resistente di quella dei cannoni francesi con grossezza di $^7|_4$.

3° *Ghisa del cannone austriaco*, che è prossimamente di resistenza uguale a quella della miscela N° 41 per la grossezza di $^3|_4$, ma è inferiore a questa per la grossezza di $^5|_4$.

4° *Ghisa del cannone svedese*, che parrebbe inferiore alquanto all'inglese per la grossezza di $^3|_4$, mentre le è molto superiore per quella di $^5|_4$; ritiensi però anormale il risultato della prima grossezza;

5° *Ghisa del cannone inglese;*

6° *Ghisa da getti ordinari Gartsherry;*

7° *Ghisa del cannone francese*, la quale fra tutte dimostrasi la più scadente, poichè è anche inferiore a quella inglese da getti ordinari, e deve perciò ritenersi della peggiore qualità per bocche da fuoco.

§ IV.

Confronto delle esperienze per trazione longitudinale direttamente alla rottura, con quelle sugli anelli.

Possiamo ora rilevare come i risultati delle esperienze per trazione longitudinale, direttamente alla rottura, eseguite sulla ghisa e riferite nella Parte I, Capitolo IV, concordino con quelli delle prove per forzamento interno con cuneo, e debba perciò accrescersi la confidenza in questo nuovo modo di esperimento.

Confrontiamo infatti lo specchio antecedente con quello contenuto a pag. 178 della Parte I. Vedremo che le varie qualità di ghisa, ordinate per resistenza decrescente, trovansi *in un ordine identico* nei due specchi.

Se poi consideriamo i risultati complessi dei due generi di prova, essi dimostrano che, mentre la resistenza alla compressione e la durezza diminuiscono insieme, sia sotto gli sforzi di trazione che sotto le pressioni interne esercitate negli anelli, la densità invece non offre una relazione costante cogli altri caratteri. La ricerca della densità è perciò da considerarsi come meno importante che non quelle eseguite colle prove meccaniche.

Gli allargamenti interni ed esterni diminuiscono pure coll'aumentare della resistenza alla rottura, della durezza, ed in generale anche della densità.

§ V.

Della resistenza degli anelli alla rottura in relazione alle lora grossezze.

Se si prende per unità la resistenza degli anelli della grossezza di $^1/_4$ per le specie di ghisa: Allione, miscela N° 41 e Gartschery, e di $^3/_4$ per le altre qualità di ghisa, e quindi si esprime la resistenza degli anelli delle altre grossezze in funzione di tale unità, ricaviamo il seguente confronto:

ANELLI DI GHISA

Rapporto della resistenza alla rottura colla grossezza.

Distinzione delle specie di ghisa	Grossezza degli anelli in calibri						
	$^1/_4$	$^2/_4$	$^3/_4$	$^4/_4$	$^5/_4$	$^6/_4$	$^7/_4$
Cilindro d'Allione (Gregorini) . . .	1	2,092	3,317	4,344	4,672	4,812	—
Miscela N° 41 (Torino)	1	2,092	2,873	3,464	4,264	4,789	—
Cannone da cent. 15 aust. (Mariazell)	—	—	3	—	3,833	—	—
» svedese (Stoffsjö)	—	—	3	—	5,134	—	6,345
» inglese (Carron).	—	—	3	—	3,997	—	5,568
Cilindro di Gartschery I.	1	1,846	2,886	3,693	4,553	5,679	5,756
Cannone da cent. 15 (francese). . .	—	—	3	—	3,766	—	5,260

Si rileva da questo specchio e dalla Tav. XXX^a che la resistenza della ghisa dei cannoni aumenta in minor proporzione delle grossezze. Quella dei cannoni francesi, meno tenace e meno dura fra tutte, è quella che acquista meno coll'aumento delle grossezze; quindi si trovano i cannoni inglesi ed in seguito quelli austriaci, mentre quella dei cannoni svedesi ha una resistenza quasi proporzionale alla grossezza.

La ghisa di 1^a fusione di Allione presenta una particolarità assai curiosa, poichè la sua resistenza pare si aumenti in maggior proporzione della grossezza, sino a quella di un calibro; quindi gli aumenti scemano con rapida progressione.

§ VI.

Degli allungamenti dei diametri interni ed esterni degli anelli delle varie specie di ghisa.

Dai risultati degli specchi parziali N^i 22 e 23 e da quello riassuntivo ultimamente riportato, si possono trarre ancora le seguenti deduzioni:

Per anelli della stessa ghisa, ma di grossezze differenti, gli allargamenti dei diametri tanto interni che esterni, sotto le stesse pressioni, diminuiscono coll'aumento delle grossezze.

Per la stessa ghisa e per anelli di ugual grossezza, gli allargamenti interni aumentano colle pressioni ed in una ragione crescente molto più rapidamente delle pressioni stesse. Quelli esterni hanno principio sotto pressioni assai piccole, ed anche quando la grossezza sia solamente di $^3/_4$ di calibro.

Per anelli di ugual grossezza, ma di ghisa di diversa specie, gli allargamenti crescono presso a poco in ragione inversa della resistenza, ed in una proporzione assai rapida.

§ VII.

Relazione fra gli allungamenti delle fibre interne ed esterne degli anelli, e quelli ottenuti negli esperimenti per trazione.

Nella Parte I, Capitolo IV, trovasi lo specchio dei risultati finali medii degli esperimenti per trazione sotto sforzi successivi, eseguiti per

la ricerca dell'elasticità della ghisa da cannoni, e di quelli altresì eseguiti direttamente alla rottura.

Vediamo da questo specchio che:

1° Sotto sforzi successivi, la tenacità media totale è di chilog. 19,9, e fra le diverse bocche da fuoco varia da chilog. 22 a 18,9.

L'allungamento medio alla rottura, pure sotto sforzi successivi, è di milles. 3,87, e varia fra i cannoni sperimentati da milles. 5,45 a 2,42;

2° Lo sforzo medio al limite d'elasticità è di chilog. 6,89, e varia fra i 6 ed i 9 chilog. pei diversi cannoni;

L'allungamento medio corrispondente al limite d'elasticità è di millesimi 0,48 e varia fra 0,67 e 0,41;

3° Sotto sforzi diretti, la tenacità media generale delle nostre miscele è di chilog. 24,4, e per le diverse bocche da fuoco varia da chilogrammi 27,8 a 21,4.

Ora, se ricaviamo dagli specchi N[i] 22 e 23 gli allungamenti lineari dei diametri interni ed esterni degli anelli di ghisa, e li riduciamo in millesimi dei diametri primitivi, avremo lo specchio seguente, limitato alle due qualità di ghisa che considero come estreme, quella cioè della miscela N° 41, che è la migliore per cannoni, e quella Gartschery, che è la più dolce.

Confrontando i dati di questo specchio con quelli medii sopra riferiti, riflettenti le esperienze per trazione con sforzi successivi, potremo rilevare quale relazione passi fra i due generi di prove, riguardo agli allungamenti delle fibre interne ed esterne del metallo sperimentato.

ESPERIENZE PER FORZAMENTO CON CUNEO

Allungamenti dei diametri interni e

Numero d'ordine degli sforzi	Pressione sulla superficie interna primitiva	Anelli di ghisa da cannoni, *Miscela* 41, delle varie grossezze													
		1/4		2/4		3/4		4/4		5/4		6/4		7/4	
		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri	
		Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni
1	150	1,50	0,66	1,37	0,06	1,37	—	1,00	—	0,87	—	1,25	—	1,12	—
2	300	2,87	1,00	2,50	0,06	2,37	—	2,12	0,04	2,12	—	2,62	—	2,00	—
3	450	4,37	1,42	3,62	0,12	3,37	0,05	2,75	0,08	2,87	—	3,62	—	2,75	0,14
4	600	7,00	2,50	4,37	0,19	4,00	0,10	3,62	0,17	3,87	0,03	4,75	—	3,50	0,14
5	750	11,25	4,92	5,37	0,31	4,75	0,15	4,25	0,25	4,62	0,07	5,75	0,16	4,25	0,28
6	900	—	—	6,62	0,56	5,50	0,20	5,12	0,38	5,62	0,14	6,75	0,16	5,10	0,28
7	1050	—	—	8,50	1,19	6,50	0,30	5,87	0,50	6,37	0,28	7,87	0,31	5,75	0,28
8	1200	—	—	10,61	1,88	7,25	0,45	6,87	0,62	7,12	0,39	8,87	0,31	6,50	0,28
9	1350	—	—	12,12	2,56	8,37	0,65	7,87	0,75	8,37	0,54	10,00	0,46	7,25	0,42
10	1500	—	—	16,20	3,50	10,25	0,95	9,00	0,87	9,62	0,68	11,12	0,46	8,25	0,42
11	1650	—	—	—	—	12,50	1,55	10,50	1,00	10,87	0,82	12,37	0,62	9,50	0,56
12	1800	—	—	—	—	14,37	1,90	12,00	1,17	12,12	0,96	13,62	0,62	11,00	0,56
13	1950	—	—	—	—	16,00	2,20	13,87	1,54	13,62	1,07	14,87	0,78	12,50	0,69
14	2100	—	—	—	—	18,60	2,60	16,50	1,91	16,12	1,25	16,62	0,94	14,00	0,69
15	2250	—	—	—	—	—	—	19,87	2,46	20,37	1,50	18,62	1,09	15,62	0,69
16	2400	—	—	—	—	—	—	23,37	3,21	21,37	1,82	21,00	1,25	17,25	0,83
17	2550	—	—	—	—	—	—	29,87	4,21	24,12	2,25	23,87	1,56	19,12	0,98
18	2700	—	—	—	—	—	—	36,87	5,41	28,75	2,79	26,87	1,87	21,37	1,10
19	2850	—	—	—	—	—	—	—	—	34,25	3,46	30,37	2,18	24,00	1,25
20	3000	—	—	—	—	—	—	—	—	39,87	4,21	35,00	2,65	26,62	1,53
21	3150	—	—	—	—	—	—	—	—	44,87	4,82	40,12	3,28	30,00	1,80
22	3300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,08	3,90	35,37	2,08
23	3450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49,50	4,22	37,50	2,36
24	3600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54,87	4,84	—	—
25	3750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60,37	5,47	—	—

...UGLI ANELLI DI GHISA, MISCELA N° 41 E GARTSCHERY.

...terni in millesimi dei diametri primitivi.

Anelli di ghisa da getti ordinari, *Gartschery*, delle varie grossezze													
1/4		2/4		3/4		4/4		5/4		6/4		7/4	
Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri		Diametri	
Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni
1,62	0,33	1,25	0,12	1,37	0,10	1,37	0,04	1,00	0,07	1,25	—	1,25	—
3,87	1,12	2,75	0,31	2,37	0,30	2,62	0,25	2,00	0,11	2,37	—	2,50	—
—	—	4,12	0.62	3,25	0,50	3,62	0,42	2,87	0,14	3,25	0,16	3,37	0,14
—	—	5,87	1,00	4,25	0,75	4,62	0,58	3,87	0,18	4,25	0,16	4,25	0,28
—	—	8,37	2,00	5,50	1,10	5,50	0,75	4,62	0,21	5,12	0,32	5,00	0,28
—	—	—	—	7,12	1,45	6,75	0,91	5,50	0,25	6,00	0,47	5,75	0,42
—	—	—	—	9,37	1,85	7,87	1,08	6,62	0,32	7,25	0,47	6,62	0,42
—	—	—	—	13,50	3,15	9,50	1,33	8,00	0.43	8,50	0,62	8,00	0,55
—	—	—	—	—	—	12,00	1,71	9,50	0,57	9,87	0,62	9,87	0,69
—	—	—	—	—	—	15,75	2,54	11,12	0,82	11,24	0,78	11,25	0,83
—	—	—	—	—	—	—	—	13,42	1,25	13,50	0,94	13,25	0,97
—	—	—	—	—	—	—	—	16,87	1,71	16,62	1,25	15,12	1,11
—	—	—	—	—	—	—	—	21,62	2,35	20,62	1,57	18,00	1,25
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,62	2,19	21,87	1,52
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26,25	1,66
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,25	2,36
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46,62	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Vediamo cioè, che le dilatazioni delle fibre interne degli anelli aumentano colle pressioni, e quelle alla rottura superano di *gran lunga* quelle avvenute nelle prove per trazione, tanto per la ghisa dura da cannoni che per quella dolce Gartschery. Le dilatazioni esterne cominciano pure a manifestarsi sotto piccole pressioni, anche per la grossezza di $^7|_4$ di calibro, ma si mantengono tutte inferiori a quelle che hanno luogo alla rottura per trazione.

Nell'esaminare poi il modo in cui avviene la rottura degli anelli, si trova che alcune volte manifestansi leggere spaccature dall'interno all'esterno, ed in direzione dei raggi; queste, aumentando rapidamente, finiscono col determinare l'intiera rottura; altre volte la rottura succede quasi istantaneamente; si potè però verificare che essa procede pur sempre dall'interno all'esterno.

La ghisa da cannoni, in anelli di uguali grossezze e sotto gli stessi sforzi, subisce, prima di rompersi, dilatazioni molto minori che quella Gartschery.

Finalmente, nello specchio seguente sono registrati i calcoli delle variazioni successive delle sezioni, riferendole alla sezione primitiva, ed i rapporti fra le dilatazioni lineari interne ed esterne.

ESPERIENZE PER FORZAMENTO CON CUNEO

Variazioni della sezione primitiva (presa per unità)

Numero d'ordine degli sforzi	Pressione della superficie interna primitiva	Anelli di ghisa da cannoni (*Miscela* 41) delle varie grossezze													
		¹/₄		²/₄		³/₄		⁴/₄		⁵/₄		⁶/₄		⁷/₄	
		Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti
1	150	1,00000	0,667	1,0008	0 091	1,00049	0 000	1,00024	0,000	1,00015	0,000	1,0001	0,000	—	0,000
2	300	1,00111	0,522	1,0025	0 050	1,00091	0,030	1,00039	0,059	1,00088	0,000	1,0004	0,000	—	0,000
3	450	1.00413	0.486	1,0021	0,069	1,00113	0,037	1,00049	0,091	1,00053	0,000	1,0005	0,070	—	0,227
4	600	1,0022	0,535	1,0027	0,086	1,00060	0,062	1,00052	0,138	1.00061	0,032	1,0007	0,000	—	0,178
5	750	1,00003	0.589	1,0028	0 116	1,00148	0,079	1,00049	0,176	1.00072	0,054	1,0004	0,108	—	0,294
6	900	—	—	1,0032	0,169	1,00163	0,091	1,00042	0,219	1,00065	0,089	1.0005	0,092	—	0,250
7	1050	—	—	1,0026	0,279	1,00407	0,115	1,00034	0,255	1,00053	0,157	1,0004	0,158	—	0.217
8	1200	—	—	1,0021	0,353	1,00170	0,155	1,00261	0,273	1,0627	0,193	1,0005	0.141	—	0,192
9	1350	—	—	1,0013	0,423	1,00163	0,194	1,00034	0.285	1,00033	0,224	1,0004	0,187	—	0,259
10	1500	—	—	1,0016	0,430	1,00163	0,332	1,00027	0,292	1.00026	0,247	1,0005	0,169	—	0,227
11	1650	—	—	—	—	1,00809	0,319	1,00037	0,285	1,00015	0,264	1,0001	0 202	—	0,263
12	1800	—	—	—	—	1,00098	0,330	1,00037	0,292	1,00007	0,278	1,0007	0,183	—	0,237
13	1950	—	—	—	—	1,00087	0,344	1,00000	0,333	1,00012	0,275	1,0001	0.210	—	0,250
14	2100	—	—	—	—	1,00433	0,352	0 99990	0,348	1,00017	0,272	1,0003	0,225	—	0,223
15	2250	—	—	—	—	—	—	1,00179	0,371	1,004	0.257	1,0001	0 235	—	0,200
16	2400	—	—	—	—	—	—	0,9986	0 412	0,9998	0,298	1,0001	0,238	—	0,216
17	2550	—	—	—	—	—	—	0,9977	0,423	0,9994	0,326	0,9999	0,262	—	0,228
18	2700	—	—	—	—	—	—	0,9906	0,441	0,9991	0,339	0,9997	0,278	—	0,233
19	2850	—	—	—	—	—	—	—	—	1,00085	0,354	0,9995	0,288	—	0,234
20	3000	—	—	—	—	—	—	—	—	0,99804	0,369	0,9991	0,301	—	0.258
21	3150	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9976	0,376	0,9984	0,327	—	0,271
22	3300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9979	0,341	—	0,284
23	3150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9974	0 341	—	0,283
24	3600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9974	0,353	—	—
25	3750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 9967	0,362	Non vi fu rottura	

SOPRA ANELLI DI GHISA, MISCELA N° 41 E GARTSCHERY,

e rapporto fra gli allargamenti esterni ed interni.

Anelli di ghisa da getti ordinari (*Gartschery*) delle varie grossezze													
1/4		2/4		3/4		4/4		5/4		6/4		7/4	
Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti	Variazioni sezioni	Rapporti allungamenti
1,0041	0,037	1,0005	0,200	1,0004	0,182	1,0003	0,091	1,00001	0,250	1,00018	0,000	1,00013	0,000
1.172	0,452	1,0011	0,227	1,0003	0,316	1,0012	0,286	1,0003	0,187	1,0002	0,000	1,00025	0,000
—	—	1,0012	0,303	1,0005	0,385	1,0001	0.345	1,0004	0,173	1,00018	0,192	1.0000	0,185
—	—	1,00132	0,140	0 9999	0,141	0,9997	0,378	1,0002	0,161	1,0002	0,147	0,9998	0 294
—	—	—	—	0,9909	0,500	0,9998	0,109	1.0003	0,162	1,0007	0,244	0,9999	0,250
—	—	—	—	0,9993	0,509	0,9992	0,407	1,0004	0,159	0,9998	0 312	0,9972	0,325
—	—	—	—	0,9995	0,493	1,0019	0,413	1,0003	0,170	0,9992	0,258	0,9998	0,283
—	—	—	—	0,9982	0,583	1.0004	0,421	1,0025	0 185	0,9998	0,294	0.9996	0,313
—	—	—	—	—	—	0,9994	0,427	1,0004	0,210	1,0015	0,253	0.9995	0 316
—	—	—	—	—	—	0,9982	0,184	1,0024	0,258	0,9998	0,275	0.9994	0,333
—	—	—	—	—	—	—	—	0,9998	0,327	0 9998	0,278	1,00025	0,330
—	—	—	—	—	—	—	—	1,0061	0,355	0,9997	0,301	0,99924	0.330
—	—	—	—	—	—	—	—	1,0043	0,381	0.9994	0,303	0,99924	0.312
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9996	0,341	0,99918	0.314
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0015	0,285
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9985	0,319
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Dall'esame di questo specchio rilevansi i seguenti fatti:

1° Il rapporto fra gli allungamenti lineari esterni ed interni aumenta colle pressioni, e diminuisce circa in ragione inversa delle grossezze.

Questi rapporti, per grossezze e pressioni uguali, sono minori per la ghisa più dura da cannoni.

2° In generale, il rapporto fra le sezioni successive e quella primitiva rimane pressochè invariabile; vi è però qualche tendenza ad una diminuzione di sezione, specialmente per la ghisa miscela N° 41, che è capace di reggere a maggiori pressioni, epperciò subisce maggiori dilatazioni interne relativamente alle esterne.

Da questo esame sommario si può conchiudere che, eziandio per la ghisa, l'ipotesi dell'invariabilità della grossezza non è ammessibile, mentre quella dell'invariabilità della sezione è più prossima al vero.

CAPITOLO IV.

ESPERIMENTI SOPRA ANELLI DI ACCIAIO FUSO (*KRUPP*)

---

§ I.

Dati generali.

Dal cannone Krupp da cent. 22 fuori servizio di cui già si parlò nella Parte I^a, Capitolo II, Titolo VIII, si tolse colla pialla uno strato d'acciaio della grossezza di circa millim. 40, dal quale vennero estratti e quindi lavorati al tornio quattro anelli, delle ordinarie forme, e delle grossezze di $^1|_4$, $^2|_4$, $^3|_4$, $^4|_4$ di calibro. Questi anelli vennero sottoposti alle prove di forzamento in modo identico ai precedenti, ed i risultati ne sono riferiti nello specchio seguente (stato già riassunto nello specchio a pag. 337 pel confronto cogli anelli di bronzo e di ghisa). La rappresentazione grafica trovasi a Tav. XXX^a.

ESPERIENZE PER FORZAMENTO CON CUNEO

Anelli d'acciaio fuso (cannone Krupp) di diverse grossezze estratti da un cannone da cent. 22 AR.

Numero progressivo degli sforzi	Sforzi sulla testa del cuneo	Sforzi sulla superficie interna primitiva	GROSSEZZE DEGLI ANELLI IN CALIBRI							
			1/4		2/4		3/4		4/4	
			Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti		Allungamenti	
			Diametri		Diametri		Diametri		Diametri	
			Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni	Interni	Esterni
	Chilogrammi	Atmosfere	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.
1	9677	150	0,13	0,01	0,16	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00
2	5354	310	0,16	0,04	0,21	0,01	0,14	0,01	0,11	0,00
3	8041	450	0,24	0,06	0,27	0,02	0,19	0,03	0,15	0,00
4	10708	600	0,30	0,08	0,33	0,03	0,24	0,05	0,16	0,00
5	13385	750	0,38	0,11	0,39	0,03	0,29	0,07	0,23	0,00
6	16092	900	0,86	0,54	0,45	0,04	0,35	0,08	0,27	0,00
7	18739	1050	1,52	0,97	0,51	0,05	0,42	0,10	0,31	0,00
8	21416	1200	1,93	1,30	0,78	0,17	0,49	0,13	0,35	0,00
9	24093	1350	2,37	1,65	1,49	0,55	0,68	0,50	0,39	0,00
10	26770	1500	2,86	1,98	1,87	0,82	0,93	0,31	0,47	0,01
11	29447	1650	3,35	2,44	2,28	1,13	1,10	0,54	0,70	0,05
12	32124	1800	3,80	2,84	2,70	1,34	1,84	0,72	1,02	0,14
13	34801	1950	4,60	3,40	3,13	1,60	2,24	0,89	1,35	0,21
14	37178	2100	6,23	5,84	3,73	1,98	2,68	1,15	1,08	0,30
15	40155	2250	8,81	7,84	4,10	2,36	3,07	1,33	1,65	0,40
16	42839	2400	11,81	9,85	4,60	2,59	3,47	1,58	2,15	0,49
17	45509	2550	Sforzo di rottura sul cuneo		5,00	2,70	3,68	1,62	2,35	0,58
18	48186	2700			5,40	3,10	3,92	1,73	2,56	0,68
19	50863	2850	chilog	atmosfere	5,73	3,33	4,16	1,83	2,84	0,80
20	53540	3000	44400	2488	6,04	3,46	4,40	1,96	3,00	0,87
21	59217	3150			6,40	3,61	4,63	2,12	3,17	0,94
22	58894	3300			6,68	3,74	4,87	2,25	3,32	1,00
23	61571	3450			6,96	3,90	5,04	2,32	3,41	1,05
24	64248	3600			7,58	4,40	5,31	2,42	3,57	1,10
25	66925	3750			8,11	5,00	5,47	2,53	3,72	1,15
26	69909	3900			8,80	5,70	5,73	2,64	3,86	1,20
27	72279	4050			9,00	6,50	6,01	2,72	3,99	1,25
28	74956	4200			10,40	7,60	6,22	2,80	4,08	1,30
29	77633	4350			11,20	—	6,40	2,90	4,16	1,30
30	80310	4500			—	—	6,53	2,95	4,17	1,35
					Sforzo di rottura sul cuneo		Non vi è indizio di rottura		Non vi è indizio di rottura	
					chilog.	atmosfere				
					77633	4350				
					Tolto lo sforzo di chil. 5,85				4,08	
					Si ha per l'elasticità mill. 0,68				0,19	

§ II.

Della rottura degli anelli.

Dall'esame dei risultati ora esposti, appare la grande superiorità di resistenza alla rottura dell'acciaio fuso di Krupp rispetto a tutti gli altri metalli sperimentati. Questa resistenza è tale che, con una grossezza di solo $^1|_4$ di calibro, essa supera quella del bronzo ordinario e di tutte le specie di ghisa colla grossezza di $^3|_4$ di calibro; e con quella di soli $^2|_4$ di calibro, supera la resistenza del bronzo e della ghisa con grossezza di $^7|_4$.

Colla grossezza di $^3|_4$ di calibro, non si ottenne la rottura. Lo sforzo occorrente si può approssimativamente stabilire in 6000 atmosfere, deducendolo dalla rappresentazione grafica (Tav. XXX^a).

Colla grossezza di un calibro e colla pressione interna di 4500 atmosfere, la dilatazione lineare interna era soltanto di milles. 4,27, e la resistenza probabilmente sarebbe vicina ad 8000 atmosfere.

In quanto agli allargamenti per le stesse pressioni, essi decrescono coll'aumento delle grossezze degli anelli, e prossimativamente in proporzione inversa di queste.

§ III.

Risultati delle prove per trazione e confronto colle esperienze sugli anelli.

Per fare il confronto tra le esperienze per forzamento e quelle per trazione, prendiamo ad esempio i risultati medii dei saggi tolti dal cannone con lavoro di macchina, e di quelli stati fucinati ed aventi 200 millimetri di lunghezza, sui quali saggi si operò con sforzi successivi, per le ricerche relative all'elasticità. Questi risultati sono inserti a pag. 113, Parte I^a.

Le dilatazioni interne ed esterne degli anelli, corrispondenti agli sforzi anteriori a quelli di rottura, e ridotte in millesimi dei diametri primitivi, ci danno per le due prime grossezze:

	Grossezza	
	$^1/_4$	$^3/_4$
Dilatazione dei diametri interni in millesimi	148	130
» esterni »	82	63

Confrontando queste dilatazioni proporzionali con gli allungamenti momentanei medii dei saggi esperimentati per trazione successiva, che sono rispettivamente di millesimi 78,55 per quelli non fucinati, e 93,30 per quelli fucinati, vediamo che le prime sono assai maggiori di tali allungamenti per le fibre interne dell'anello, e prossimamente uguali per le fibre esterne.

Nell'anello della grossezza di $^3|_4$, dopo la pressione di 4500 atmosfere, la quale non produsse la rottura, la dilatazione interna era di millimetri 6,53; e, tolto il cuneo, il diametro medio interno si restrinse nuovamente di millimetri 0,68. Esprimendo queste cifre in millesimi del diametro primitivo (e ciò per rendere gli allungamenti indipendenti dalla luughezza dei saggi, e render così più facili i confronti), vediamo che, sotto la pressione interna di 4500 atmosfere, vi fu una dilatazione di millesimi, 81,6 e che, tolto il cuneo, l'anello conservava una dilatazione di soli millesimi 73,1, ossia possedeva ancora una elasticità di millesimi 8,5. Una tale elasticità è veramente straordinaria, e superiore di gran lunga a quella relativa al limite di elasticità per trazione, la quale ultima è soltanto di millesimi 0,74.

Dunque, anche per l'acciaio Krupp, rimane provato che gli allungamenti alla rottura e quelli al limite di elasticità, dedotti dagli esperimenti per trazione, non possono applicarsi ai calcoli della resisteuza dei cilindri alle pressioni interne.

Dallo specchio a pag. 337 risulta quanto sia energica, e quale influenza eserciti sulla resistenza dell'acciaio fuso, la tempra nell'olio, e come perciò gl'Inglesi a ragione l'adoperino per i tubi interni dei loro cannoni.

Nello specchio seguente, trovansi registrate le superficie delle sezioni successive, il loro rapporto colla sezione primitiva, ed il rapporto fra gli allungamenti lineari esterni ed interni pei singoli sforzi.

ESPERIENZE PER FORZAMENTO INTERNO sopra anelli d'acciaio Krupp da cannoni.

Numero progressivo degli sforzi	Anello della grossezza di mill. 20			Anello della grossezza di mill. 40			Anello della grossezza di mill. 60			Anello della grossezza di mill. 80		
	Rapporti degli allungamenti esterni ed interni	Superficie delle sezioni	Rapporti fra la superficie primitiva e le successive sezioni	Rapporti degli allungamenti esterni ed interni	Superficie delle sezioni	Rapporti fra le superficie primitive e le successive sezioni	Rapporti degli allungamenti esterni ed interni	Superficie delle sezioni	Rapporti fra la superficie primitiva e le successive sezioni	Rapporti degli allungamenti esterni ed interni	Superficie delle sezioni	Rapporti fra la superficie primitiva e le successive sezioni
		Millim. quad. 6283 S. P.			Millim. quad. 15080 S. P.			Millim. quad. 26389 S. P.			Millim. quad. 40219 S. P.	
1	0,077	6268,7	1,0022	—	15060	1,0013	—	26376,0	1,0005	—	40204	1,0002
2	0,222	6268,1	1,0023	0,047	15056	1,0016	0,071	26375	1,00056	—	40199	1,0003
3	0,250	6262,9	1,0011	0,074	15051	1,0019	0,158	26375	1,00056	—	40194	1,0004
4	0,266	6260,5	1,0018	0,091	15046	1,0022	0,208	26375	1,00056	—	40189	1,0006
5	0,289	6255,5	1,0015	0,077	15048	1,0028	0,241	26374,9	1,00056	—	40183	1,0007
6	0,262	6268,9	1,0010	0,089	15096	1,0035	0,228	26372	1,0006	—	40178	1,0008,5
7	0,638	6272,0	1,0017	0,098	15027	1,0035	0,298	26368	1,0008	—	40173	1,0010
8	0,673	6285,4	0,999	0,218	15024	1,0037	0,265	26368,5	1,0008	—	40168	1,0011
9	0,686	6292,2	0,998	0,387	15040	1,0020	0,294	26366,5	1,0009	—	40163	1,0012
10	0,693	6294,3	0,998	0,498	15018	1,0021	0,333	26369,4	1,0007	0,021	40157	1,0014
11	0,728	6319,3	0,994	0,486	15074	1,0004	0,385	26382	1,0003	0,085	40157	1,0014
12	0,747	6322,8	0,993	0,496	15073	1,0004	0,399	26382,9	1,0002	0,137	40136	1,0019
13	0,730	6338,5	0,991	0,511	15083	0,999	0,397	26384	1,0002	0,155	40121	1,0023
14	0,937	6368,8	0,951	0,531	15101	0,998	0, 29	26409,3	0,9992	0,178	40119	1,0026
15	0,884	6637,0	0,946	0,567	15141	0,996	0,433	26415,5	0,9990	0,205	40120	1,0023
16	0,831	6616,0	0,949	0,563	15141	0,997	0,438	26417,2	0,9989	0,227	40124	1,0022
17	—	—	—	0,540	15116	0,995	0,440	26427,4	0,99858	0,246	40132	1,0020
18	—	—	—	0,574	15165	0,995	0,438	26427,5	0,99854	0,265	40142	1,0017
19	—	—	—	0,581	15179	0,995	0,419	26426,7	0,99857	0,282	40152	1,0015
20	—	—	—	0,573	15171	0,995	0,445	26440	0,9981	0,290	40157	1,0014
21	—	—	—	0,584	15161	0,995	0,450	26440,7	0,9973	0,296	40161	1,0013
22	—	—	—	0,550	15156	0,995	0,462	26467,8	0,9970	0,301	40165	1,0012
23	—	—	—	0,563	15159	0,995	0,460	26469,2	0,9969	0,307	40172	1,0010
24	—	—	—	0,596	15214	0,991	0,455	26478,3	0,9966,1	0,308	40169,5	1,0011
25	—	—	—	0,616	15215	0,991	0,462	26478,4	0,9966,4	0,309	40168,7	1,0011
26	—	—	—	0,647	15371	0,980	0,461	26479,0	0,9966	0,311	40169,3	1,0011
27	—	—	—	0,677	15468	0,974	0,452	26466,2	0,9970,9	0,313	40171	1,0010
28	—	—	—	0,731	15643	0,964	0,450	26463,2	0,9972	0,319	40178	1,0008,5
29	—	—	—	—	—	—	0,453	26470,7	0,9969,4	0,312	40167	1,0011
30	—	—	—	—	—	—	0,452	26469,0	0,9969,8	0,316	40172	1,0010

Adunque, le sezioni dell'anello della grossezza di 1 calibro si mantengono pressochè costanti, mentre esse diminuiscono negli anelli di grossezze minori.

I rapporti fra gli allungamenti lineari delle fibre esterne ed interne crescono colle pressioni, ed inversamente alle grossezze.

Si conchiude quindi che, per l'acciaio, non c'è invariabilità di sezione negli anelli di piccole grossezze; ma, per le ordinarie grossezze delle bocche da fuoco, una tale invariabilità può ammettersi come prossima al vero; mentre non è ammessibile l'ipotesi dell'invariabilità della grossezza.

CAPITOLO V.

ESPERIENZE SOPRA ANELLI DI GHISA CERCHIATI E TUBATI CON METALLI DIVERSI ED IN VARIO MODO

Titolo I.

ESPERIENZE SULLA CERCHIATURA DELLA GHISA

§ I.

Scopo delle esperienze, e preparazione degli anelli.

La cerchiatura dei cannoni è da alcuni tuttora impugnata, od ammessa soltanto come un elemento di sicurezza in servizio contro lo scoppio dei cannoni di ghisa.

I risultati delle esperienze per forzamento interno eseguite sul bronzo e sulla ghisa in anelli di varie specie e grossezze, m'indussero ad applicare un tal sistema d'esperienza allo studio delle questioni riguardanti la cerchiatura.

Nella cerchiatura delle bocche da fuoco, tre sono le condizioni essenziali ad osservarsi: la specie del metallo del cerchio, la sua grossezza rispetto a quella della ghisa, e la sua tensione.

Siccome furono proposti ed esperimentati varii metalli per la cerchiatura, volli pure esperimentarne diverse specie col metodo indicato; e gli esperimenti ebbero luogo sopra cerchi dei metalli seguenti:

Bronzo da cannoni;
Ferro duro;
Ferro acciaioso (Petin-Gaudet);
Acciaio Krupp nello stato ordinario;
Id. temprato nell'olio.

Le grossezze degli anelli furono costantemente di $^{3}/_{4}$ di calibro, di cui $^{2}/_{4}$ per la ghisa interna ed $^{1}/_{4}$ pel cerchio. Sarebbe stato utile esperimentare eziandio altre grossezze; ma non essendo possibile per ora moltiplicare gli esperimenti, essi furono limitati a quelle dimensioni che dal calcolo risultavano proporzionate alla forza della macchina; tanto più che non si trattava di studiare tutte le condizioni della cerchiatura, ma essenzialmente di determinarne i valori relativamente alla qualità del metallo.

Pei cerchi di cadun metallo, ad eccezione di quello di bronzo (che venne esperimentato soltanto a titolo di curiosità), si provarono varie *tensioni*, onde ricercare la loro influenza sulla resistenza.

Ai cerchi di *ferro* si diedero tre diverse tensioni, ossia tre diverse differenze di diametro fra l'esterno dell'anello di ghisa e l'interno del cerchio prima che questo fosse riscaldato per applicarlo; queste tensioni, espresse in millesimi del diametro esterno della ghisa, furono le seguenti:

Millesimi 0,75 tensione inferiore al limite di elasticità;
» 1,02 » prossima a detto limite;
» 5,13 » superiore »

Al *ferro acciaioso* di cui son composti gli anelli eseguiti con cerchi Petin-Gaudet e temprati, si diedero 3 tensioni di millesimi 2,03, 3,52 e 6,23, superiori tutte e tre al limite di elasticità (1).

All'*acciaio fuso Krupp*, ricavato dal cannone da cent. 22, e non temprato, si diedero le due tensioni di:

Millesimi 0,97 — prossima al limite d'elasticità;
» 3,22 — superiore »

Pell'*acciaio Krupp temprato nell'olio*, le tensioni furono di millesimi 0,20, inferiore al limite di elasticità, e di millesimi 0,53, prossima al detto limite.

Tutti gli anelli furono preparati colla massima precisione possibile; ciò malgrado, le tensioni sopradette ed effettive non corrispondevano esattamente a quanto si voleva, benchè vi si avvicinassero assai, tenuto conto delle piccole dimensioni dei cerchi; esse erano però sufficien-

(1) Fu per errore di lavoro che la prima di queste tensioni risultò superiore al limite di elasticità; erasi stabilito che essa non dovesse risultare che di milles. 1,5 invece di 2,03.

temente esatte perchè si potesse valutare esperimentalmente il valore delle loro differenze.

Gli anelli interni di ghisa furono tolti dal solo cilindro di ghisa, miscela N° 41, appositamente gettato, e presi tutti nella parte più bassa del cilindro stesso; cosicchè si possono ritenere di egual qualità.

Questi anelli, collaudati e cerchiati, furono sottoposti alle prove di forzamento con cuneo, identiche a quelle sin qui riferite.

§ II.

Esame dei risultati delle esperienze.

I risultati ottenuti sino alla rottura, e le misure dei diametri sono registrati negli specchi parziali Nⁱ 24 e 25. Negli stessi specchi si sono pure riportati, per facilità di confronto, i risultati di un anello di sola ghisa della grossezza di $^3|_4$ di calibro, di qualità identica a quella degli anelli cerchiati, e di due anelli di uguale grossezza in bronzo, gettati, l'uno in terra, l'altro in pretella.

Nello specchio riassuntivo seguente sono registrati gli sforzi di rottura.

ESPERIMENTI PER FORZAMENTO INTERNO con cuneo, sopra anelli di ghisa cerchiati e tubati in vario modo e con metalli diversi.

N° d'ordine degli esperimenti	INDICAZIONE SULLA COMPOSIZIONE DEGLI ANELLI CERCHIATI E TUBATI		Sforzi di rottura — Riferiti alle superf. interne primitive — In atmosfere	Sforzi di rottura — Riferiti alle superf. interne primitive — Totale in chilogr.	Sforzi di rottura — Totale sulla testa del cuneo in chilogrammi	*Osservazioni sulla rottura*
	I° Anelli di sola ghisa o bronzo della grossezza di 3/4 (*Per confronto*)					
9	Anello di sola ghisa (*miscela* 41) ricavata dal cilindro del diametro di 25 cent. da cui si estrassero quelli sotto citati		2250	175236	40155	
T 3/4	Anello di solo bronzo, gettato in terra, ricavato dal cilindro da cent. 40		2205	171732	39352	
	II° Anelli di ghisa (*miscela* 41) **della grossezza di 2/4 di calibre, cerchiati con cerchi di 1/4 di calibro di grossezza, dei seguenti metalli e colle seguenti tensioni.**					
13	Cerchio di bronzo ricavato dal cannone da cent. 8, N° 981 con tensioni in millesimi del diametro di	0,1	2034	158413	36300	Rottura della sola ghisa
22	Cerchio di ferro duro ed a grano » » »	0,75	2100	163554	37478	
19	» » » »	1,02	2100	163554	37478	
24	» » » »	5,13	2337	181979	41700	
45	Cerchio di ferro acciaioso (pudellato) Petin-Gaudet, temprati nell'olio, e con tensione di millesimi	0,23	2250	175236	40155	
44	» » » »	3,52	2369	184518	42280	
43	» » » »	2,03	2425	188874	43280	
31	Cerchio d'acciaio fuso Krupp (di un cannone da cent. 22) non temprati, con tensioni di	0,97	2550	198601	47500	
37	» » » »	3,22	2625	204410	46810	
36	» » temprati nell'olio »	0,53	4500	350473	80310	
36	» » » »	0,20	4800	373838	85664	Non vi è rottura della ghisa, ma sotto questo sforzo esistono fessure radiali
	III° Anelli di ghisa (*miscela* 41) **della grossezza di 2/4 di calibro con tubi interni della grossezza di 1/4 di calibro dei seguenti metalli.**					
10	Tubo di ferro duro		1335	103950	23820	Rottura della sola ghisa
16	Tubo di bronzo del cannone N° 981		1875	146019	33460	
25	Tubo d'acciaio Krupp (del cannone da cent. 22 (non temprato)		2370	184707	42300	
26	» » (temprato)		3450	268698	61571	

Da tali risultati si deduce:

Che gli anelli cerchiati in ferro, per le tensioni di 0,75 e 1,02, hanno ugual resistenza, e che la massima tensione di 5,13 è quella più efficace; per modo che da questo esperimento, il quale trovasi d'accordo con altri eseguiti per trazione, parrebbe che, con cerchi di ferro, sia utile oltrepassare il limite d'elasticità, onde utilizzare il maggiore sforzo di cui è capace il ferro, nel comprimere l'anello interno di ghisa.

Ugual fatto osservasi pell'acciaio Krupp non temprato, in cui la massima tensione è eziandio favorevole.

Per lo contrario, coi cerchi di ferro acciaioso e temprato Petin-Gaudet, e d'acciaio fuso Krupp temperato, le tensioni minori sono notevolmente più favorevoli.

Si rileva infatti dallo specchio antecedente, nel quale gli anelli cerchiati sono disposti per ordine di resistenza, che le cerchiature di bronzo e di ferro con piccole tensioni, e quelle di ferro acciaioso con forti tensioni non solo sono sfavorevoli, ma riescono anche dannose, poichè resistono meno dell'anello di sola ghisa della grossezza di $^3|_4$ di calibro.

Fra tutte le cerchiature, quelle d'acciaio Krupp sono le più resistenti, ed in massimo grado quelle d'acciaio temprato con piccola tensione; infatti, quella con maggior tensione ebbe la stessa rottura della ghisa, mentre nell'anello cerchiato a piccola tensione, la ghisa interna non si ruppe totalmente, mostrando solo numerose fessure radiali che non oltrepassavano lo spessore di $^1|_4$ di calibro, il che è rappresentato nella Fig. 16ª, Tav. XXXª. Questo fatto dimostra la massima resistenza dovuta alla qualità della cerchiatura.

In tutti gli anelli cerchiati ruppesi la sola ghisa, mentre i cerchi soltanto si dilatarono.

In quanto agli allargamenti interni, a pressioni uguali, quelli degli anelli cerchiati si dimostrano assai inferiori a quelli degli anelli di sola ghisa; sotto gli sforzi di rottura invece, i quali sono molto maggiori per gli anelli cerchiati, succede il contrario; e l'allargamento degli anelli cerchiati con acciaio Krupp temprati, dimostrasi anzi circa il doppio di quello del semplice anello di ghisa.

In riassunto, rimane dimostrato che la cerchiatura d'acciaio Krupp

è la migliore, ed in ispecial modo quella temprata (1). Quella di ferro acciaioso Petin-Gaudet, applicata con tensione eguale al limite d'elasticità, rafforza l'anello. Le altre cerchiature con ferro, bronzo o ferro acciaioso e con grandi tensioni, sono dannose.

Dall'assieme quindi degli esperimenti, si dee conchiudere che la cerchiatura è efficacissima se fatta in buone condizioni, e la più efficace fra quelle esperimentate è quella d'acciaio fuso e temprato di Krupp.

(1) La resistenza dell'anello cerchiato con acciaio Krupp temprato è di almeno 4800 atmosfere, e con cerchiatura non temprata di 2550; dal che si può dedurre che la tempra nell'olio accresce la resistenza dell'acciaio Krupp nella cerchiatura, del 90 % circa.

Titolo II.

ESPERIENZE SULLA TUBATURA DELLA GHISA

§ I.

Scopo degli esperimenti, e preparazione degli anelli.

La tubatura è applicata a varie artiglierie ed in vario modo, e si eseguirono molteplici esperienze per valutarne l'efficacia.

In Francia, essa è adottata pei cannoni di ghisa della marina di grosso calibro, la cui parete interna è formata da un tubo d'acciaio fuso non temprato.

In Olanda, i cannoni di ghisa sono rivestiti internamente con un tubo di bronzo. — Un tal sistema venne anche presso di noi applicato, in via di esperimento, a due cannoni da cent. 24 GRC.

In Inghilterra, Palliser adottò un tubo di ferro per rafforzare i cannoni di ghisa; ed i cannoni di Woolwich ed Armstrong, che sono in ferro fucinato, hanno l'anima praticata in un tubo d'acciaio fuso, fucinato e temprato nell'olio.

Per completare questa serie d'esperienze, conveniva provare la tubatura in confronto colla cerchiatura degli anelli. Si costrussero perciò quattro anelli di ghisa della grossezza di $^3|_4$ di calibro, e di qualità identica a quella indicata nel Titolo precedente. Vi si inserirono poi anelli interni di $^1|_4$ di calibro di grossezza. — Di questi anelli interni

Uno era in *bronzo*.
» *ferro*.
» *acciaio Krupp* non temprato.
» » temprato nell'olio.

Gli anelli tubati erano, per forme e dimensioni, identici a quelli anteriormente provati.

§ II.

Esame dei risultati delle esperienze.

Negli specchi parziali N[i] 24 e 25 e nella Tavola dimostrativa posta al fine di questa II[a] parte, troviamo i risultati delle prove.

Da essi si può dedurre:

1° Il tubo di ferro diminuisce di circa la metà la resistenza di un anello di sola ghisa di ugual grossezza totale;

2° La tubatura di bronzo è pure dannosa, benchè in minor grado;

3° Per contro, la tubatura d'acciaio Krupp non temprato dà un notevole vantaggio; essa è però inferiore in effetto alla cerchiatura con ferro acciaioso Petin-Gaudet, ma supera tutte le altre cerchiature, ad eccezione di quella d'acciaio Krupp temprato (1).

In quanto agli allargamenti dei diametri interni ed esterni, la tubatura d'acciaio temprato è la sola che li limiti vantaggiosamente; le altre sono dannose.

In conclusione, dalle prove per forzamento interno con cuneo, quali furono eseguite, sopra anelli tubati e delle dimensioni indicate, risulta che la tubatura d'acciaio temprato è molto vantaggiosa ed in certi casi utilissima, mentre quelle di bronzo o di ferro sono dannose. Devesi però avvertire che, con altre dimensioni dei tubi interni rispetto a quelle della ghisa, i risultati potrebbero essere molto diversi, e probabilmente il bronzo ed il ferro potrebbero in certe condizioni essere utilmente adoperati.

(1) La resistenza dell'anello tubato con acciaio Krupp temprato è di atmosfere 3450; quella del tubo non temprato è di atmosfere 2370; la tempra nell'olio aumenta quindi la resistenza dell'acciaio di circa il 45 %.

CAPITOLO VI.

RIASSUNTO E CONCLUSIONI

I risultati principali delle esperienze sulla resistenza di anelli a pressioni interne, sottoponendo ciascun anello a sforzi successivamente crescenti ed esercitati sopra un cuneo che tende a dilatarli, sono riassunti nella *Tavola dimostrativa* posta alla fine di questa 2ª parte. — In essa si tralasciarono i risultati meno importanti, comprendendovi soltanto quelli il cui esame poteva dar luogo ad utili considerazioni.

Esaminando e confrontando questi risultati, si può sovr'essi conchiudere per sommi capi nel modo seguente:

§ I.

Delle leggi di resistenza dei cilindri alle pressioni interne.

Le esperienze per trazione longitudinale, ed anche quelle per compressione non forniscono una base sicura pel calcolo della resistenza dei cilindri, giacchè questi seguono leggi proprie, ed in generale possono sopportare pressioni assai maggiori di quelle calcolate applicando i coefficienti di resistenza dedotti da tali esperienze. Pare che, per effetto delle pressioni interne successivamente crescenti, si sviluppi un movimento molecolare di carattere speciale, che permette agli strati interni, e gradatamente a quelli esterni, di subire allungamenti molto superiori a quelli dovuti alle sole forze di trazione, e ciò senza che succeda la rottura.

Fra le varie ipotesi sulla resistenza dei cilindri, quella della *invariabilità della sezione trasversale*, cioè del variare degli sforzi in ragione inversa dei quadrati dei raggi, è quella che più si approssima al vero. Forse però, se ne scostano alquanto i metalli più duttili, come il bronzo.

Epperciò, i calcoli di resistenza dei cilindri devono essere basati sopra

coefficienti speciali, dedotti da esperienze eseguite in modo più razionale; in attesa di meglio, credo che il sistema seguito sia già soddisfacente, e che potrebbe essere ancora facilmente perfezionato, se fossero riprese le esperienze.

Un fatto importante a rilevarsi è questo, che le resistenze dei cilindri alle pressioni interne non possono stabilirsi in modo astratto, ed indipendentemente dalla specie dei metalli che li compongono; ma debbono invece esser fondate sulle proprietà speciali a cadun metallo.

§ II.

Della resistenza relativa del bronzo, della ghisa e dell'acciaio.

Bronzo. — Il bronzo raffreddato prontamente, per mezzo del getto in pretelle di ghisa, è superiore a quello ordinariamente impiegato per le bocche da fuoco, ed a quello fosforoso.

Per la grossezza di $^3/_4$ di calibro, esso presenta un vantaggio di $^1/_3$, nella resistenza alla rottura, su quello gettato in forme di terra, tanto quand'è sottoposto a pressione interna, come a sforzi di trazione. Ha maggior durezza, è più omogeneo, senza macchie di stagno, e deve perciò resistere meglio alle corrosioni dei gaz. Per ultimo, il suo impiego offre un notevole vantaggio economico. Devesi perciò preferire il sistema da me proposto, di gettare cioè i cannoni di bronzo in pretella, aumentandone alquanto il titolo in stagno.

Il bronzo gettato in pretella è superiore alla miglior ghisa da cannoni. Quello gettato in terra si conserva superiore alla nostra ghisa, per le maggiori grossezze; ma negli anelli di $^1/_4$ e $^2/_4$ di calibro, la sua resistenza dimostrasi inferiore.

Il bronzo fosforoso è superiore a quello ordinario gettato con raffreddamento lento, ma è inferiore a quello gettato in pretella.

Il sistema che proposi per la fabbricazione dei cannoni di piccolo calibro, con tubo interno d'acciaio, è vantaggioso per la conservazione dell'anima, ma non è applicabile ai grandi calibri, nè a cannoni destinati ad essere impiegati con forte carica e con polveri dilaniatrici.

Per aumentare la durezza delle pareti interne dei cannoni di bronzo, converrebbe usare la compressione delle fibre interne, mediante l'im-

piego di cunei successivi cacciati a forza con uno strettoio idraulico potente, mantenendo l'esterno in matrice di ghisa. — Un tal sistema meriterebbe d'essere sperimentato.

Ghisa da cannoni. — La nostra ghisa da cannoni della qualità Allione, e quella delle miscele con questa formate, son superiori a tutte le altre qualità di ghisa esperimentate. Quelle dei cannoni austriaci e dei cannoni svedesi sono, per proprietà meccaniche, da classificarsi eziandio fra le migliori. Sono molto inferiori le qualità di ghisa dei cannoni inglesi e francesi.

Probabilmente, le tre prime specie di ghisa debbono la loro superiorità alle qualità del minerale spatico-manganesifero da cui son tratte, ed all'essere ottenute coll'uso del carbone di legna.

La ghisa dei cannoni inglesi è troppo dolce, ed è appunto ad un tal difetto che si possono attribuire gl'insuccessi dei cannoni cerchiati di grosso calibro esperimentati in Inghilterra.

La ghisa dei cannoni francesi è la peggiore fra tutte, risultando essa persino inferiore a quella da getti ordinari Gartschery N° 1. — Resta quindi spiegato come i Francesi abbiano dovuto ricorrere alla tubatura d'acciaio, pei loro cannoni di grosso calibro.

Acciaio Krupp. — L'acciaio fuso Krupp offre la *massima resistenza alla rottura*, poichè colla grossezza di $^1/_2$ calibro, esso supera la resistenza del miglior bronzo, e della miglior ghisa da cannoni con grossezze di 1 $^1/_2$ calibro e più. Quest'acciaio, con grossezza di solo $^1/_4$ di calibro, è superiore in resistenza alla ghisa da cannoni francesi con $^7/_4$ di calibro, a tutte le combinazioni tra bronzo, ghisa, ferro e ferro-acciaioso, ed anche al bronzo ordinario, ed alla ghisa nostra, quando la loro grossezza totale non supera i $^3/_4$ di calibro.

L'acciaio Krupp è dunque superiore di gran lunga a tutti gli altri metalli.

Lo stesso acciaio temprato nell'olio ha una resistenza maggiore almeno del 50 $^0/_0$, di quella dell'acciaio non temprato.

§ III.

Della cerchiatura e della tubatura della ghisa.

Cerchiatura. — La cerchiatura aumenta la resistenza della ghisa, ma dipendentemente dalle qualità del cerchio, e dalla sua tensione.

Il bronzo ed il ferro con piccole tensioni, essendo troppo dolci, non sono atti per la cerchiatura; il cerchio di bronzo è dannoso, poichè sostituito ad egual grossezza di ghisa ne diminuisce la resistenza totale; il ferro, per essere di qualche utilità nella cerchiatura, deve essere applicato con tensione molto superiore a quella corrispondente al suo limite di elasticità.

Il ferro acciaioso Petin-Gaudet può essere impiegato utilmente per la cerchiatura, ed il suo massimo effetto si ottiene colle tensioni che non superano il suo limite di elasticità.

L'acciaio Krupp è il metallo più vantaggioso per la cerchiatura, ma questa dev'essere applicata con piccola tensione; quando poi si adoperi l'acciaio Krupp temprato, si ottiene il massimo effetto, ed un cerchio con grossezza di solo $^1/_4$ di calibro, applicato ad un anello di ghisa di $^2/_4$ di calibro, uguaglia la resistenza che sarebbe prodotta dall'aumento di un calibro intiero di ghisa.

Tubatura. — Analoghe conseguenze derivano dagli esperimenti sulle diverse tubature; solo devesi rilevare che, a grossezza uguale, esse sono molto meno efficaci che non le cerchiature.

Risulta altresì che la tubatura d'acciaio Krupp temprato fornisce un mezzo di rafforzare potentemente la ghisa, e colla massima utilizzazione delle preziose proprietà dell'acciaio. Ogni qualvolta si avranno da costruire economicamente bocche da fuoco di ghisa di peso limitato, e richiedenti la massima resistenza, invece di dar loro una grossezza di 1 $^1/_2$ calibro, si potrà limitarla in totale a $^3/_4$, sostituendo un tubo d'acciaio Krupp temprato al posto di $^3/_4$ di calibro di ghisa; e si avrà anche così una diminuzione di circa $^3/_4$ del peso. Questo punto essenzialissimo dev'essere ritenuto della massima importanza, e tenuto in gran calcolo nello studio di nuove bocche da fuoco.

Avvertasi però, che le deduzioni tratte dalle esperienze eseguite sugli anelli cerchiati e tubati non debbono essere ritenute applicabili in modo generale, poichè si esperimentò un solo rapporto fra le grossezze dei cerchi e dei tubi rispetto agli anelli di ghisa. — I risultati perciò potrebbero riuscire assai diversi, quando si operasse sopra anelli di altre dimensioni relative.

Nel dar termine a questa 2ª parte non debbo tacere che, se le conclusioni cui ci condussero le esperienze fatte sono applicabili alle resistenze statiche, esse potranno essere impugnate riguardo alla loro applicabilità alle resistenze dinamiche. — Pur tuttavia credo che i risultati generali ottenuti sieno da prendersi in considerazione, e debbano indurre gli studiosi tanto a tenerne conto nell'applicarli alla costruzione delle bocche da fuoco, quanto a proseguire le esperienze, adottando il sistema di operare sopra anelli, assai più confacente allo scopo di quello per trazione longitudinale.

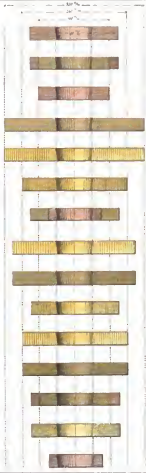



TAVOLA DIMOSTRATIVA

DEI PRINCIPALI RISULTATI

OTTENUTI NELLE ESPERIENZE SOPRA ANELLI SEMPLICI O COMPOSTI

DI VARII METALLI

Fra le varie ghise sperimentate non si compresero in questa Tavola se non quella della Fonderia di Torino (Miscela N° 41) *e la francese, le quali diedero i risultati massimi e minimi. — Di tutti gli altri anelli pure sperimentati, sieno essi di un sol metallo, o di ghisa di Torino* (Miscela N° 41) *cerchiata o tubata, si rappresentarono soltanto quelli i cui risultati sono più essenziali da considerarsi.*

RAPPRESENTAZIONE DEGLI ANELLI (Le linee verticali indicano le grossezze di 1/2 in 1/2 calibro)	METALLI COSTITUENTI GLI ANELLI e grossezze in calibri dei loro componenti	Grossezza totale dell'anello	Sforzo di rottura	Annotazioni
		Calibri	Atmosf.	
	Anello di solo acciaio Krupp . . .	3/4	6000	Approssimato
	Ghisa con grossezza di 2/4 cerchiata con acciaio temprato Krupp 1/4 .	3/4	4800	Teocione 0,9 (principio di spaccature interne radiali) (1)
	Anello di solo acciaio Krupp	5/4	4350	
	Anello di sola ghisa (*miscela* 41) di Torino	6/4	3750	
	Anello di solo bronzo gettato in terra	6/4	3600	
	Anello di solo bronzo gettato in pretella	4/4	3450	
	Ghisa con grossezza di 2/4 tubata con acciaio temprato Krupp 1/4 . . .	3/4	3450	Rottura della sola ghisa (2)
	Anello di solo bronzo gettato in terra	5/4	3407	
	Anello di sola ghisa (*miscela* 41) di Torino	5/4	3292	
	Anello di solo bronzo gettato in pretella	3/4	3048	
	Anello di solo bronzo gettato in terra	4/4	2850	
	Anello di sola ghisa (*miscela* 41) di Torino	4/4	2712	
	Ghisa con grossezza di 2/4 cerchiata d'acciaio Krupp 1/4	3/4	2550	Tensione 0,97 (rottura della sola ghisa)
	Anello di bronzo fosforoso	3/4	2521	
	Anello di solo acciaio Krupp	1/4	2488	

(1) V. Tav. XIXX, Fig. 16. (2) V. Tav. XXIX, Fig. 17.

RAPPRESENTAZIONE DEGLI ANELLI (Le linee verticali indicano le grossezze di 1/2 in 1/2 calibro)	METALLI COSTITUENTI GLI ANELLI e grossezze in calibri dei loro componenti	Grossezza totale dell'anello	Sforzo di rottura	Annotazioni
		Calibri	Atmosf.	
	Ghisa con grossezza di 2/4 cerchiata con ferro acciaioso 1/4	$^3/_4$	2425	Tensione 9,03 (rottura della sola ghisa) (3)
	Ghisa con grossezza di 2/4 tubata con acciaio Krupp non temprato . . .	$^3/_4$	2370	Rottura della sola ghisa (4)
	Ghisa con grossezza di 2/4 cerchiata con ferro 1/4.	$^3/_4$	2337	Tensione 5,13 (rottura della sola ghisa)
	Anello di solo bronzo gettata in terra	$^3/_4$	2256	
	Anello di sola ghisa (*miscela* 41) di Torino	$^3/_4$	2250	
	Ghisa con grossezza di 2/4 cerchiata con bronzo 1/4	$^3/_4$	2034	Tensione 0,1 (rottura della sola ghisa) (5)
	Cannone francese di Ruelle	$^7/_4$	1983	
	Ghisa con grossezza di 2/4 tubata con Bronzo di 1/4	$^3/_4$	1875	Rottura della sola ghisa
	Cannone francese di Ruelle	$^6/_4$	1680	
	Anello di sola ghisa (*miscela* 41) di Torino	$^2/_4$	1638	
	Cannone francese di Ruelle	$^5/_4$	1420	
	Ghisa con grossezza di 2/4 tubata di ferro di 1/4	$^3/_4$	1335	
	Cannone francese di Ruelle	$^4/_4$	1230	
	Cannone francese di Ruelle	$^3/_4$	1131	
	Anello di sola ghisa (*miscela* 41) di Torino	$^1/_4$	783	

(3) V. Tav. XXIX, Fig. 15. (4) V. Tav. XXIX, Fig. 17. (5) V. Tav. XXIX, Fig. 14.

PARTE TERZA

ESPERIENZE

SULLA

CERCHIATURA DEI CANNONI DA CENT. 24

PARTE TERZA

ESPERIENZE SULLA CERCHIATURA DEI CANNONI DA CENT. 24

Mentre le due prime parti di questa relazione erano in corso di stampa, vennero proseguite le esperienze sulla resistenza al tiro dei cannoni da cent. 24 ed ultimate alcune esperienze speciali sulla loro cerchiatura; reputo utile di qui riferirle, giacchè confermano vieppiù le buone condizioni di resistenza di questa bocca da fuoco, non che le conclusioni già dedotte dalle esperienze per trazione longitudinale eseguite sui saggi ricavati dai cerchi di ferro-acciaioso. Ne derivano inoltre utili insegnamenti sulla questione della cerchiatura.

Queste ultime esperienze avevano per iscopo:

1° Di ricercare sui cannoni da cent. 24 G R C, gli effetti che, tanto sulla parte in ghisa quanto su caduno strato di cerchi, sono dovuti alla doppia cerchiatura eseguita secondo le norme stabilite per la fabbricazione;

2° Di stabilire le condizioni in cui effettivamente si trovano i cerchi da cannone da cent. 24 applicati a tronchi di ghisa, secondo le norme stabilite per le prove di collaudazione al § III, Capitolo II;

3° Di far risultare le condizioni di resistenza al tiro prolungato dei cannoni da cent. 24 GRC, riportando ed analizzando le esperienze eseguitesi in proposito;

4° Di riconoscere le condizioni in cui, relativamente alle proprietà elastiche della ghisa e dei cerchi, trovavasi un cannone da cent. 24 cerchiato, dopo aver resistito ad un tiro prolungato che motivò la sua dichiarazione fuori servizio.

Titolo I.

DEGLI EFFETTI DELLA DOPPIA CERCHIATURA NEI CANNONI DA CENT. 24

§ I.

Generalità e sistemi seguiti nelle esperienze.

Generalita'. — Già nell'anno 1863, nel *Giornale d'Artiglieria*, Parte II[a], veniva pubblicato un interessante articolo intorno ad alcune esperienze eseguite in Francia ed in Inghilterra sopra cannoni di ghisa in vario modo cerchiati, non che ad altre esperienze da noi eseguite sopra cannoni da 16 F cerchiati: sin d'allora, riconosciutosi come la cerchiatura del sistema francese fosse la più vantaggiosa, essa veniva adottata per il cannone da cent.16 GRC ed in seguito per l'obice da cent. 22 GRC.

Nell'anno 1868 nel *Giornale d'Artiglieria*, Parte II[a], era pubblicato un secondo articolo relativo ad esperienze di cerchiatura, fatte nella Fonderia di Torino su tronchi di cannone da cent. 16 GR, con cerchi di varie qualità e di varie provenienze. Queste esperienze, dirette a ricercare il modo di comportarsi della cerchiatura e della ghisa, in relazione alle tensioni date in fabbricazione, non riferivansi però che a tronchi e cerchi di piccole dimensioni, e ad un solo strato di cerchiatura.

Coll'adozione del cannone da cent. 24 GRC, diveniva pure interessante il conoscere il modo di comportarsi della ghisa, e della doppia cerchiatura, sovratutto in riguardo delle forti dimensioni del cannone e dei cerchi.

In seguito a prove di cerchiatura fatte per collaudazione di cerchi, e specialmente dietro altre numerose esperienze eseguite colla macchina a provar metalli su saggi estratti da cerchi di acciaio pudellato, si venne a riconoscere che l'allungamento di siffatti cerchi, al limite di elasticità, è di circa millesimi 1,2 della lunghezza primitiva. Dietro questa base, e tenendo conto degli effetti probabili di compressione sulla

ghisa, le tensioni a darsi nella lavorazione dei cerchi pel cannone da cent. 24, furono fissate nel modo seguente:

	Diametri esterni	Differenze in meno pei diametri interni dei cerchi		Tensioni corrispondenti e proporzionali ai diametri primitivi	
		stabilite per la lavorazione	tolleranze	stabilite per la lavorazione	colla tolleranza
	millimetri	millimetri	millimetri	millesimi	millesimi
1ª Cerchiatura	720	1,1	+ 0,1	1,528	1,666
2ª Cerchiatura	840	1,2	— 0,1	1,429	1,310

Per ottenere queste tensioni nei cannoni e cerchi preparati per la cerchiatura, si procede col modo seguente:

Vengono torniti internamente tutti i cerchi componenti la 1ª e 2ª cerchiatura, colla massima uniformità di diametri per caduna cerchiatura, non tollerandosi che 0,1 millimetro di differenza fra i diametri dei cerchi componenti una cerchiatura. Si tornisce l'esterno del cannone di ghisa in modo da conservare un eccesso di diametro uguale alla tensione fissata per la 1ª cerchiatura, e ciò per ogni zona individuale corrispondente a cadun cerchio. Dopo applicata la 1ª cerchiatura, se ne tornisce l'esterno colle stesse norme, perchè sia ottenuta la tensione fissata per la 2ª cerchiatura.

Nell'applicazione dei cerchi, seguendo le norme della fabbricazione ordinaria, si raffreddano con correnti d'acqua, tanto l'interno dei cannoni, che i cerchi applicati, nello scopo di limitare possibilmente l'innalzamento di temperatura della parte in ghisa prodotta dal calore assorbito nel contatto colle cerchiature applicate a caldo.

Come si vedrà dalle esperienze riportate in seguito, queste tensioni sono adattate allo scopo, trovandosi con esse tanto la ghisa, quanto la cerchiatura, in buone condizioni di elasticità.

Per riconoscere praticamente gli effetti della doppia cerchiatura applicata ai cannoni da cent. 24, si dovevano studiare, tanto gli effetti di compressione sul corpo centrale *in ghisa*, quanto quelli dipendenti

dagli allungamenti subiti dai cerchi applicati sul cannone per le tensioni così determinate.

Volendo ricavare esperimentalmente i dati occorrenti alla soluzione della duplice questione, dovevano eseguirsi due serie d'esperimenti di cerchiatura di cannoni o tronchi di ghisa. La 1ª serie, cerchiando e scerchiando il corpo centrale di ghisa, per istudiare gli effetti di compressione sulla ghisa; la 2ª serie, cerchiando il tronco di ghisa, ed estraendo quest'ultimo senza alterare i cerchi, per riconoscere le condizioni della elasticità di questi.

Esporremo ora il sistema seguito nelle esperienze delle due serie sovra distinte.

Sistema seguìto nelle esperienze di cerchiatura e scerchiatura eseguite su due cannoni di ghisa da cent. 24, N. 1180 e 1167. — Per rilevare praticamente quali fossero gli effetti della cerchiatura sulla parte centrale in ghisa, disponevo perchè su due cannoni da cent. 24 GRC (N. 1180, e 1167 di fondita) in corso di fabbricazione, venissero eseguite esperienze di cerchiatura e di scerchiatura dei due ultimi cerchi verso la culatta, prendendo tutte le misure necessarie per poterne trarre le deduzioni opportune.

I cannoni ed i cerchi furono torniti secondo le norme usate per prepararli alla cerchiatura; e vennero misurati i loro diametri interni ed esterni colla massima esattezza, prendendo ognora quattro diametri, e tenendo poi conto della sola media che ne risultava.

Le misurazioni sul cannone cerchiato furono rilevate, dopo alcuni giorni d'intervallo, presso al taglio vivo di culatta, lasciando sporgere di qualche millimetro le due cerchiature, perchè con punte adattate si potessero misurare i loro diametri interni.

Per scerchiare il cannone e conservare i cerchi intieri, si seguì un sistema particolare, estraendo da prima la seconda cerchiatura, quindi la prima. Per estrarre il primo strato di cerchi, si collocò il cannone verticalmente sul piano di culatta, entro una forma cilindrica in sabbia che lasciava all'ingiro un vano di 3 centimetri di larghezza, nel quale fu colata ghisa fusa; quando i cerchi furono sufficientemente dilatati per effetto del calore comunicato loro dal bagno, si sollevò il cannone per

mezzo di una grù, ed i cerchi trovaronsi così isolati. Quando il cannone fu completamente raffreddato, si presero le misure necessarie.

In egual modo fu estratto il secondo strato di cerchi, e furono ripetute le misure sul cannone sia internamente che esternamente. Vennero pure misurati i cerchi dopo tolti e raffreddati; ma si riconobbe tosto che, col metodo impiegato per la loro estrazione (*metodo imposto dalla necessità di conservarli intatti per servire a cerchiare altri cannoni in corso di fabbricazione*), le misure prese sui cerchi non potevano essere di alcuna utilità per dedurre le loro condizioni di elasticità, poichè, pel forte ed ineguale riscaldamento sofferto dal loro contatto colla ghisa fusa gettata attorno ad essi, risultarono alquanto alterati, ed in generale di diametri minori del primitivo. Perciò, in questi esperimenti, si tenne solo conto delle misure prese sui cerchi prima che fossero estratti dal cannone.

Nei due specchi seguenti sono riportate le medie delle misure prese sui cannoni e sui cerchi, per ogni periodo degli esperimenti, e corrispondenti: alla loro preparazione per la cerchiatura, alla cerchiatura col 1° e col 2° strato, e alla scerchiatura successiva del 2° e del 1° strato.

Da queste misure, si dedussero le differenze lineari dei diametri per ogni periodo degli esperimenti: inoltre, per rendere i confronti indipendenti dai diversi diametri, si calcolarono pure le differenze proporzionali ai diametri primitivi; sì le une che le altre sono inserte negli stessi specchi.

ESPERIMENTO DI CERCHIATURA E SCERCHIATURA SUL CANNONE DA CENT. 24 GRC. N° 1180.

INDICAZIONI circa le misurazioni eseguite sui diametri	Diametri medii misurati in millimetri									
	Cannone in ghisa				1a Cerchiatura				2a Cerchiatura	
	Interno		Esterno		Interno		Esterno		Interno	
Misure effettive										
Cerchiatura — Cannone di ghisa e prima cerchiatura preparati per l'applicazione	288,250		720,575		719,482		—		—	
Cerchiatura — Cannone cerchiato colla 1a cerchiatura (2a cerchiatura preparata per l'applicazione)	288,095		720,350		720,350		841,050		839,851	
Cerchiatura — Cannone cerchiato colla 1a e 2a cerchiatura	287,895		720,150		720,150		840,850		840,850	
Scerchiatura — Cannone scerchiato della 2a cerchiatura	288,095		720,350		720,350		841,025		(1) 839,522	
Scerchiatura — Cannone scerchiato della 1a cerchiatura	288,225		720,150		(1) 719,260		(1) 840,635		—	
Differenze lineari e proporzionali	Millim.	Milles.	Millim.	Milles.	Millim.	Milles.	Millim.	Milles	Millim.	Milles
Cerchiatura — Compressione della ghisa ed allungamento della 1a cerchiatura colla sola 1a cerchiatura	0,155	0,538	0,225	0,312	0,868	1,206	—	—	—	—
Cerchiatura — Compressione della ghisa e della 1a cerchiat. dovuta alla 2a cerchiat.	0,200	0,694	0,200	0,277	0,200	0,278	0,175	0,208	—	—
Cerchiatura — Compressione totale della ghisa ed allungamento restante della 1a cerchiatura colle 1a e 2a cerchiatura	0,355	1,232	0,425	0,589	0,668	0,928	—	—	—	—
Cerchiatura — Allungamento della 2a cerchiatura	—	—	—	—	—	—	—	—	1,010	1,213
Scerchiatura — Allungamenti dovuti all'estrazione della 2a cerchiatura	0,200	0,694	0,200	0,277	0,200	0,278	0,175	0,208	—	—
Scerchiatura — Allungamenti dovuti all'estrazione della 1a cerchiatura	0,130	0,451	0,100	0,139	—	—	—	—	—	—
Scerchiatura — Allungamenti totali dovuti all'estrazione della 1a e 2a cerchiatura	0,330	1,145	0,300	0,416	—	—	—	—	—	—
Scerchiatura — Compressione permanente della ghisa	0,025	0,087	0,125	0,173	—	—	—	—	—	—
Tensioni date in costruzione alle due cerchiature	—	—	—	—	1,093	1,519	—	—	1,194	1,422
Tensioni delle cerchiature applicate (supponendo inalterata l'elasticità dei cerchi)	—	—	—	—	0,668	0,928	—	—	1,010	1,213

(1) Non devesi tener conto di questa misurazione, perchè il cerchio fu estratto con un forte riscaldamento.

ESPERIMENTO DI CERCHIATURA E SCERCHIATURA SUL CANNONE DA CENT. 24 GRC. N° 1167.

INDICAZIONI circa le misurazioni eseguite sui diametri		Diametri medii misurati in millimetri									
		Cannone in ghisa				1a Cerchiatura				2a Cerchiatura	
		Interno		Esterno		Interno		Esterno		Interno	
Misure effettive											
Cerchiatura	Cannone di ghisa e 1a cerchiatura preparati per l'applicazione	288,360		720,307		7.0,968		—		—	
	Cannone cerchiato colla 1a cerchiatura (2a cerchiatura preparata per l'applicazione)	288,225		720,200		720,200		840,675		839,353	
	Cannone cerchiato colla 1a e 2a cerchiatura	288,070		720,050		720,050		840,500		840,500	
Scerchiatura	Cannone scerchiato della 2a cerchiatura	288,220		720,200		720,900		840,625		(1) 839,120	
	Cannone scerchiato della 1a cerchiatura	288,340		720,310		(1) 719,010		(1) 840,120		—	
Differenze lineari e proporzionali		Millim.	Milles.	Millim.	Milles.	Millim.	Millies.	Millim.	Milles.	Millim.	Milles.
Cerchiatura	Compressione della ghisa ed allungamento della 1a cerchiatura colla sola 1a cerchiatura	0,135	0,468	0,197	0,273	0,938	1,304	—	—	—	—
	Compressione della ghisa e della 1a cerchiat. dovuta alla 2a cerchiat.	0,155	0,537	0,150	0,208	0,150	0,208	0,175	0,208	—	—
	Compressione totale della ghisa ed allungamento restante della 1a cerchiatura colla 1a e 2a cerchiatura	0,290	1,005	0,347	1,481	0,788	1,096	—	—	—	—
	Allungamento della 2a cerchiatura	—	—	—	—	—	—	—	—	1,147	1,367
Scerchiatura	Allungamenti dovuti all'estrazione della 2a cerchiatura	0,150	0,520	0,150	0,208	0,150	0,208	0,125	0,140	—	—
	Allungamenti dovuti all'estrazione della 1a cerchiatura	0,120	0,416	0,110	0,153	—	—	—	—	—	—
	Allungamenti totali dovuti all'estrazione della 1a e 2a cerchiatura	0,270	0,938	0,260	0,361	—	—	—	—	—	—
	Compressione permanente della ghisa	0,020	0,069	0,087	0,121	—	—	—	—	—	—
	Tensioni date in costruzione alle due cerchiature	—	—	—	—	1,135	1,578,1	—	—	1,322	1,575
	Tensioni delle cerchiature applicate (supponendo inalterata l'elasticità dei cerchi)	—	—	—	—	0,788	1,096	—	—	1,147	1,367

(1) Non devesi tener conto di questa misurazione, perchè il cerchio fu estratto con forte riscaldamento.

Sistema seguìto per le esperienze di cerchiatura su due tronchi di ghisa M, N, da cent. 24, con estrazione successiva dei tronchi. — Per rilevare praticamente gli effetti della doppia cerchiatura applicata ai cannoni di ghisa, riguardo all'elasticità conservata dalla cerchiatura stessa, dopo la sua applicazione, era necessario estrarne la parte in ghisa, lasciando alla cerchiatura il mezzo di riprendere le dimensioni proprie alle sue condizioni di elasticità, senza alterarla in nessun modo. Dovevasi perciò tagliare la ghisa per estrarla a pezzi, ed ottenere la doppia cerchiatura interamente libera ed intatta.

Non potendosi, per motivi economici, fare esperimenti su cannoni intieri, si prepararono due tronchi di ghisa, estratti da materozze di cannoni da cent. 24, nella parte a contatto colla culatta. Essi avevano una lunghezza di 250 mill. e vennero portati al calibro interno di cent. 24, quindi torniti esternamente con grossezze identiche alla culatta del cannone di ghisa. I due tronchi risultavano perciò nelle stesse condizioni dei due cannoni.

Questi due tronchi, distinti colle lettere M ed N, ricevettero la doppia cerchiatura, eseguita colle stesse norme stabilite per la fabbricazione; quindi si estrassero i tronchi, dopo aver operato tre tagli parallelamente al loro asse, lasciando intatta la doppia cerchiatura.

Onde poter dedurre precise conseguenze dall'esperimento, si misurarono i diametri medii interni ed esterni dei cerchi e dei tronchi di ghisa, prima e dopo la cerchiatura di caduno strato, nonchè quelli della doppia cerchiatura dopo l'estrazione della ghisa.

Venne quindi proseguito l'esperimento, per rilevare lo stato elastico di caduno strato di cerchi; e perciò, nella doppia cerchiatura del tronco M, si tagliò il cerchio interno, e nella doppia cerchiatura del tronco N, si tagliò quello esterno; si poterono così avere le misure di un cerchio interno e di uno esterno considerati isolatamente.

Nei due specchi seguenti si riportano i diametri medii ottenuti per ogni periodo dell'esperimento, coll'avvertenza che, per ottenere maggior precisione, caduno di questi diametri medii fu dedotto da 8 diametri misurati, 4 per caduna faccia dei tronchi e dei cerchi.

In questi due specchi sono pure riportate, analogamente a quelle prese sui cannoni N° 1180 e 1167, le differenze lineari e proporzionali corrispondenti alle variazioni dei singoli diametri primitivi, per ogni periodo dell'esperimento.

ESPERIMENTI DI CERCHIATURA DEL TRONCO DI GHISA M DA CANNONE DA CENT. 24 GRC con estrazione successiva del tronco della 1ª cerchiatura.

INDICAZIONI circa le misurazioni eseguite sui diametri	Diametri medii misurati in millimetri					
	Tronco in ghisa		1a Cerchiatura		2a Cerchiatura	
	Interno	Esterno	Interno	Esterno	Interno	Esterno
Misure effettive						
Cerchiatura — Tronco di ghisa e 1a cerchiatura preparati per l'applicazione	287,998	720,270	719,905	843,959	—	—
Cerchiatura — Tronco di ghisa colla prima cerchiatura	287,826	720,066	720,066	844,747	—	—
Cerchiatura — Tronco di ghisa colla 1a cerchiatura, e 2a cerchiatura preparata per l'applicazione	287,826	720,008	720,036	840,780	839,900	983,900
Cerchiatura — Tronco di ghisa colla 1a e 2a cerchiatura	287,670	719,890	719,890	840,557	840,557	984,025
Estratto il tronco di ghisa. — Diametri delle cerchiature	—	—	719,875	839,780	839,780	984,262
Estratta la 1a cerchiatura. — Diametri della 2a cerchiatura	—	—	—	—	839,540	983,010

Differenze lineari e proporzionali	Tronco in ghisa Interno Millim.	Tronco in ghisa Interno Milles.	Tronco in ghisa Esterno Millim.	Tronco in ghisa Esterno Milles.	1a Cerch. Interno Millim.	1a Cerch. Interno Milles.	1a Cerch. Esterno Millim.	1a Cerch. Esterno Milles.	2a Cerch. Interno Millim.	2a Cerch. Interno Milles.	2a Cerch. Esterno Millim.	2a Cerch. Esterno Milles.
Cerchiatura — Tensioni date in lavoro alla 1a e 2a cerchiatura	—	—	—	—	1,065	1,481	1,160	1,406	—	—	—	—
Cerchiatura — Compressione de la ghisa, ed allungamento della 1a cerchiatura colla sola 1a cerchiatura	0,166	0,576	0,204	0,283	0,861	1,197	0,795	0,942	—	—	—	—
Cerchiatura — Compressione della ghisa, e della 1a cerchiatura colla 2a cerchiatura	0,150	0,542	0,176	0,214	0,178	0,245	0,223	0,265	—	—	—	—
Cerchiatura — Compressione totale della ghisa colla 1a e 2a cerchiatura	0,322	1,118	0,380	0,527	—	—	—	—	—	—	—	—
Cerchiatura — Allungamento restante della prima e totale della 2a cerchiatura applicate (1)	—	—	—	—	0,685	0,952	0,572	0,677	0,957	1,140	0,825	0,830
Estratto il tronco di ghisa — Colle 2e cerchiature unite — Ristringimenti della 1a e 2a cerchiat. unite, dovuti all'estrazione del tronco					0,815	1,133	0,777	0,924	0,777	0,925	0,763	0,770
Estratto il tronco di ghisa — Colle 2e cerchiature unite — Ristringimento totale della 1a cerchiatura					0,130	0,181	1,000	1,189	—	—	—	—
Estratto il tronco di ghisa — Colle 2e cerchiature unite — Allungamento totale della 2a cerchiatura					—	—	—	—	1,180	0,215	0,062	0,063
Estratta la 1a cerchiat. dalle due unite — Ristringimento della 2a cerchiatura isolata'					—	—	—	—	0,240	0,286	0,252	0,256
Estratta la 1a cerchiat. dalle due unite — Ristringimento permanente della 2a cerchiatura isolata					—	—	—	—	0,060	0,071	0,190	0,193
Estratta la 1a cerchiat. dalle due unite — Tensione effettiva del diametro interno della 2a cerchiatura (Tenendo conto del ristringimento permanente)					—	—	—	—	1,017	1,211	—	—

(1) Ossia tensioni effettive delle cerchiature, supponendo inalterata la loro elasticità.

ESPERIMENTO DI CERCHIATURA DEL TRONCO DI GHISA N DA CANNONE DA CENT. 24 GRC con estrazione successiva del tronco della 2ª cerchiatura.

INDICAZIONI circa le misurazioni eseguite sui diametri	Diametri medii misurati in millimetri					
	Tronco in ghisa		1a Cerchiatura		2a Cerchiatura	
	Interno	Esterno	Interno	Esterno	Interno	Esterno
Misure effettive						
Cerchiatura — Tronco di ghisa, 1a cerchiatura, preparato per l'applicazione	287,965	720,371	719,989	844,946	—	—
Cerchiatura — Tronco di ghisa colla 1a cerchiatura	287,715	720,107	720,107	845,030	—	—
Cerchiatura — Tronco di ghisa colla 1a cerchiatura, e 2a cerchiatura preparata per l'applicazione	287,715	720,107	720,107	840,768	839,600	983,060
Cerchiatura — Tronco di ghisa colla 1a e 2a cerchiatura	287,605	719,972	719,972	840,082	840,882	984,009
Estratto il tronco di ghisa. — Diametri delle cerchiature	—	—	719,068	839,867	839,867	983,267
Estratta la 2a cerchiatura. — Diametri della 1a cerchiatura	—	—	719,252	840,065	—	—

Differenze lineari e proporzionali	Tronco in ghisa Interno Millim.	Tronco in ghisa Interno Milles.	Tronco in ghisa Esterno Millim.	Tronco in ghisa Esterno Milles.	1a Cerch. Interno Millim.	1a Cerch. Interno Milles.	1a Cerch. Esterno Millim.	1a Cerch. Esterno Milles.	2a Cerch. Interno Millim.	2a Cerch. Interno Milles.	2a Cerch. Esterno Millim.	2a Cerch. Esterno Milles.
Cerchiatura — Tensioni date in lavoro alla 1a e 2a cerchiatura	—	—	—	—	1,089	1,514	1,168	1,389	—	—	—	—
Cerchiatura — Compressione della ghisa, ed allungamento della 1a cerchiatura colla sola 1a cerchiatura	0,190	0,660	0,264	0,366	0,825	1,147	0,784	0,929	—	—	—	—
Cerchiatura — Compressione della ghisa, e della 1a cerchiatura, colla 2a cerchiatura	0,110	0,382	0,135	0,187	0,135	0,188	0,086	0,123	—	—	—	—
Cerchiatura — Compressione totale della ghisa colla 1a e 2a cerchiatura	0,300	1,042	0,399	0,553	—	—	—	—	—	—	—	—
Cerchiatura — Allungamento restante della 1a e totale della 2a cerchiatura applicata (1)	—	—	—	—	0,690	0,959	0,698	0,806	1,082	1,289	1,062	1,060
Estratto il tronco di ghisa — Colle 2e cerchiature unite — Ristringimento della 1a e 2a cerchiat. unite, dovuti all'estrazione del tronco					0,886	1,232	0,815	0,969	0,815	0,971	0,735	0,748
Estratto il tronco di ghisa — Colle 2e cerchiature unite — Ristringimento totale della 1a cerchiatura					0,194	0,273	0,301	1,092	—	—	—	—
Estratto il tronco di ghisa — Colle 2e cerchiature unite — Allungamento totale della 2a cerchiatura					—	—	—	—	0,267	0,318	0,207	0,210
Estratta la 2a cerchiat. delle due unite — Allungamento della 1a cerchiatura isolata					0,166	0,230	0,198	0,236	—	—	—	—
Estratta la 2a cerchiat. delle due unite — Ristringimento permanente della 1a cerchiatura isolata					0,030	0,042	0,703	0,977	—	—	—	—
Estratta la 2a cerchiat. delle due unite — Tensione effettiva del diametro interno della 1a cerchiatura (Tenendo conto del ristringimento permanente)					0,720	1,001	—	—	—	—	—	—

(1) Ossia tensioni effettive della cerchiatura, supponendo inalterata la loro elasticità.

§ II.

Risultati delle esperienze.

Annotati così tutti i risultati delle quattro esperienze, li esamineremo per dedurne le conseguenze, considerando separatamente ogni periodo, cioè:

Il 1° periodo, che è relativo alle variazioni dei diametri della ghisa e delle cerchiature applicate, ed è comune alle quattro esperienze;

Il 2° periodo relativo alla scerchiatura, e nel quale sono da esaminarsi separatamente i tronchi ed i cannoni. Riguardo ai primi, avendone estratta la parte in ghisa, potremo dedurre le conseguenze relative alla cerchiatura; e riguardo ai secondi, essendo essi stati scerchiati, quelle proprie al modo di comportarsi della sola ghisa liberata dai cerchi.

1° PERIODO

Applicazione delle cerchiature ai cannoni ed ai tronchi.

Per facilitare i confronti e le deduzioni dalle medie delle quattro esperienze, riuniremo nello specchio seguente le differenze proporzionali dei diametri interni, sia per la parte in ghisa che per le cerchiature, ordinandole secondo le variazioni successive dovute all'applicazione della 1ª, e quindi della 2ª cerchiatura.

Cerchiatura dei due cannoni N° 1180, 1167 e dei tronchi M. N.

Riassunto delle differenze proporzionali in millesimi dei diametri primitivi.

INDICAZIONI VARIE			Cannoni da cent. 24 GR		Tronchi da cannoni da cent. 24		Medie
			N° 1180	N° 1167	M	N	
Tensione stabilita per la lavorazione		1ª Cerchiatura, stabilita da 1,528 milles. a 1,666.					
		2ª Cerchiatura, stabilita da 1,429 milles. a 1,310.					
Tensioni ottenute nella lavorazione		Per la 1ª cerchiatura	1,519	1,578	1,481	1,514	**1,523**
		Per la 2ª cerchiatura	1,422	1,575	1,406	1,389	**1,448**
Compressione della ghisa avuta colla cerchiatura sui diametri	Interni	Colla 1ª cerchiatura	0,538	0,468	0,576	0,660	0,560
		Colla 2ª cerchiatura	0,694	0,537	0,542	0,382	0,539
		Totale colle due cerchiature	1,232	1,005	1,118	1,042	**1,099**
	Esterni	Colla 1ª cerchiatura	0,312	0,273	0,283	0,366	0,309
		Colla 2ª cerchiatura	0,277	0,208	0,244	0,187	0,229
		Totale colle due cerchiature	0,589	0,481	0,527	0,553	**0,537**
Variazioni nei diametri interni delle cerchiature applicate	1ª Cerchiatura	Allungamento della 1ª cerchiatura	1,206	1,304	1,197	1,147	1,214
	1ª e 2ª Cerchiatura applicata	Restringimento della 1ª cerchiatura dovuto all'applicazione della 2ª cerchiatura	0,278	0,208	0,245	0,188	0,230
		Allungamento restante della 1ª cerchiatura (1)	0,928	1,096	0,952	0,959	**0,985**
		Allungamento totale della 2ª cerchiatura (1)	1,213	1,367	1,140	1,289	**1,252**

(1) Ossia tensioni effettive delle cerchiature, supponendo inalterata la loro elasticità.

Da questo specchio riassuntivo si possono trarre le deduzioni seguenti:

Tolleranze stabilite pella lavorazione. — Esaminando i risultati ottenuti nella lavorazione per le otto cerchiature eseguite, due per caduna bocca da fuoco o tronco, si rileva che per sette furono molto prossimamente osservate le tolleranze (pag. 377), e nella sola 2ª cerchiatura del cannone N° 1167 venne oltrepassata di millesimi 0,126 la tensione fissata.

Se si tien conto del limite ristrettissimo di 1 decimo di millimetro, stabilito come tolleranza per la tornitura di bocche da fuoco di così gran mole e diametro, si può conchiudere, che la lavorazione ed i metodi adottati per la misurazione dei diametri corrispondono a quanto si può richiedere per una fabbricazione ordinaria e corrente, e che essa procede con notevole precisione e tale da inspirare fiducia sulla regolarità ed esattezza delle tensioni fissate.

Fatta questa osservazione preliminare, e constatate le lievissime differenze che esistono tra le quattro esperienze, potremo dedurre le conseguenze relative al 1° periodo considerando le sole medie.

Effetti subìti dai cerchi nella loro applicazione. — Considerando le medie finali delle differenze proporzionali, vediamo che:

La tensione della 1ª cerchiatura che in lavorazione risultava di . . . . milles. 1,523
dopo la sua applicazione si riduce a . . . . » 1,214
scemando così per una corrispondente compressione esterna della ghisa di . . . . » 0,309

Coll'applicazione della 2ª cerchiatura sovrapposta sulla 1ª cerchiatura, questa ebbe la sua tensione ridotta a . . . . » 0,985
e la seconda perdita di tensione dovuta alla nuova compressione della ghisa e della 1ª cerchiatura risultò di . . . . » 0,229

La tensione della 2ª cerchiatura che nella lavorazione risultava di . . . . » 1,448
si riduce dopo l'applicazione a . . . . » 1,252
scemando così di . . . . » 0,196

Confrontando le tensioni date in lavorazione, con quelle ottenute effettivamente dopo l'applicazione dei cerchi, si osserva che la tensione effettiva della 2ª cerchiatura riesce superiore a quella della 1ª, e ciò perchè la 2ª resta applicata su corpo meno compressibile avendo già la ghisa subito una forte compressione colla 1ª cerchiatura; ed inoltre perchè non è soggetta ad una compressione esterna, come succede per la 1ª cerchiatura.

Questa differenza di tensione effettiva dei due strati di cerchi applicati sul cannone è pienamente motivata, se si riflette a quanto succede all'atto dello sparo della bocca da fuoco: difatti, il primo strato deve subire una momentanea dilatazione proporzionale al diametro, maggiore di quella del secondo; ma una volta applicato, trovandosi appunto in uno stato di tensione minore di quella del secondo strato, avrà così maggior campo di allungarsi, senza oltrepassare il proprio limite di elasticità.

Da quest'ultima considerazione, a primo aspetto, parrebbe conveniente di preparare in lavorazione la 1ª cerchiatura con una tensione minore di quella della 2ª; senonchè, gli effetti di compressione della 1ª cerchiatura sulla ghisa essendo di tale entità da scemar notevolmente la sua tensione, conviene invece accrescere nella lavorazione la tensione della 1ª cerchiatura onde, una volta applicata, eserciti il massimo sforzo di compressione possibile, rimanendo tuttavia con una tensione effettiva minore della 2ª. Risulterà così in buone condizioni per sopportare un maggiore allungamento all'atto dello sparo, senza oltrepassare il limite d'elasticità.

Fu appunto dietro queste diverse considerazioni, e prendendo per base gli effetti di compressione dovuti alla cerchiatura di tronchi da cent. 24 con un solo cerchio, i soli conosciuti allora, che, nella preparazione dei cannoni venne stabilita (pag. 377) una tolleranza di un decimo di millimetro in più nella tornitura esterna del cannone per la 1ª cerchiatura, ed una tolleranza uguale, ma in meno, per la 2ª.

Se riassumiamo le tensioni proprie a ciascuna cerchiatura dopo la loro applicazione, avremo che le tensioni nei cannoni da cent. 24 cerchiati sono:

per la 1ª cerchiatura millesimi 0,984
per la 2ª » » 1,252

Pare adunque che le cerchiature trovinsi in buone condizioni d'elasticità, poichè la prima ha una tensione inferiore all'allungamento corrispondente al limite di elasticità, che fu trovato nelle esperienze per trazione essere di millesimi 1,117, e l'altra le è di poco superiore; infatti, come lo vedremo in seguito, le cerchiature dopo estratte conservano per intiero la loro elasticità; le tensioni sopra citate sono quindi da ritenersi come effettivamente esercitate dalle cerchiature.

Effetti prodotti sulla ghisa colle cerchiature. — Considerando gli effetti medii delle compressioni sulla ghisa, dovute all'applicazione successiva della 1ª e della 2ª cerchiatura, si rileva che questi effetti sono prossimamente uguali fra loro. Infatti abbiamo che le compressioni interne variano da . . . . milles. 0,560 a 0,539
e quelle esterne variano da . . . . » 0,308 a 0,229

Parrebbe perciò che, malgrado la compressione già dovuta alla 1ª cerchiatura, la ghisa è suscettibile di provarne un'altra pressochè uguale colla 2ª cerchiatura.

Considerando invece gli effetti di compressione totale delle due cerchiature sulla ghisa, si ha che quella del diametro interno è di millesimi 1,099, pressochè doppia cioè di quella del diametro esterno (milles. 0,537). Rimane perciò comprovato che, in un cilindro cavo sottoposto ad uno sforzo di compressione esterna, le fibre interne sopportano uno sforzo assai superiore a quello sopportato dalle fibre esterne.

Circa alla compressione degli strati interni ed esterni della ghisa, quantunque assai notevole, essa però non è tale da alterare sensibilmente la potenza elastica della ghisa; e ciò risulterà in seguito.

Cade qui in acconcio di notare come, per effetto della cerchiatura, la ghisa essendo compressa preventivamente in senso opposto all'effetto delle tensioni che si produrranno nello svilupparsi dei gas nell'interno dell'anima, essa potrà sopportare un maggior allargamento momentaneo all'atto del tiro, senza raggiungere il suo limite di elasticità, epperciò senza che si producano fessure o spaccature interne.

Riesce ora interessante verificare se, alla diversità di compressione della ghisa all'interno ed all'esterno, corrispondano variazioni nelle superficie delle sezioni trasversali.

Calcolate le sezioni della ghisa prima e dopo le cerchiature per caduna esperienza, e fatte pure le differenze, si ha lo specchietto seguente:

	Cannoni N°		Tronchi		Medie
	1180	1167	M	N	
Superficie della sezione primitiva in mill. quad. .	342544	342293	342316	342569	
Diminuzione della sezione colla 1ª cerchiatura . .	185	162	152	302	200,2
Id. 2ª Id. . .	136	100	153	209	149,5
Diminuzione totale mill. quad. . . .	321	262	305	511	349,5

Viene adunque constatato da queste esperienze che, per effetto della cerchiatura, vi è diminuzione di superficie nelle sezioni trasversali; si deve per conseguenza ammettere una diminuzione di volume ed un aumento di densità nei cannoni cerchiati.

2° PERIODO

Scerchiatura dei cannoni e dei tronchi.

Come già fu detto, in questo 2° periodo, devesi distinguere la scerchiatura dei cannoni da quella dei tronchi; giacchè i primi furono veramente *scerchiati*, mentre pei secondi vennero estratti i tronchi dai cerchi, e ciò allo scopo di analizzare separatamente gli effetti subìti dai cerchi e dalla ghisa.

Effetti della scerchiatura sulla parte in ghisa dei cannoni n° **1180** e **1167**. — Rimane ora da esaminare gli effetti della scerchiatura dei cannoni, per dedurne le conseguenze sulla elasticità conservata dalla ghisa dopo le compressioni subìte.

Nello specchietto seguente riportiamo le differenze osservate dopo la scerchiatura:

Scerchiatura dei due cannoni da cent. 24 N° 1180 e 1167

Riassunto delle differenze proporzionali in millesimi dei diametri primitivi.

INDICAZIONI VARIE			Cannoni da cent. 24		
			N° 1180	N° 1167	Media
Compressioni totali della ghisa nella cerchiatura, sui diametri		Interni	1,232	1,005	1,118
		Esterni	0,589	0,481	0,535
Allungamenti della ghisa ottenuti colla scerchiatura sui diametri	Interni	Estratta la 2ª cerchiatura . . .	0,694	0,520	0,607
		Id. 1ª cerchiatura . . .	0,451	0,416	0,433
		Totale estratte le due cerchiature	1,145	0,936	1,040
	Esterni	Estratta la 2ª cerchiatura . . .	0,277	0,208	0,242
		Id. 1ª cerchiatura . . .	0,139	0,153	0,146
		Totale estratte le due cerchiature	0,116	0,361	0,388
Compressioni permanenti osservate sui diametri della ghisa		Interni	0,087	0,069	0,078
		Esterni	0,173	0,121	0,147

Da questo specchio deduciamo che, malgrado l'energica compressione esercitata dalla doppia cerchiatura e che raggiungeva:

per l'*interno* millesimi 1,108 del diametro primitivo,
per l'*esterno* » 0,535 » »

la ghisa liberata dalla cerchiatura riprende molto prossimamente le sue dimensioni primitive, non conservando che una leggiera compressione permanente:

per l'*interno* di millesimi 0,078 del diametro primitivo
per l'*esterno* » 0,147 » »

Riguardo alle variazioni medie della superficie delle sezioni trasversali dovute alla scerchiatura, si hanno gli aumenti seguenti espressi in millimetri quadrati:

AUMENTI DELLE SEZIONI TRASVERSALI	Cannoni		
	N° 1180	N° 1167	Medie
Dopo aver estratta la 2ª cerchiatura . . . . . mill. quad.	45	70	57,5
Dopo aver estratta la 1ª cerchiatura . . . . . »	136	102	119
Aumenti totali . . . mill. quad.	181	172	176,5
Nella cerchiatura avevasi una diminuzione totale di »	321	262	291,5
D'onde una diminuzione permanente di . . . . mill. quad.	140	90	115

Supposto che le misure prese siano esattissime, se ne dovrebbe conchiudere che, in seguito alla compressione permanente prodotta dalla cerchiatura, e la diminuzione delle sezioni trasversali, la ghisa ha perduta alquanto della sua elasticità. Ma ove si considerino le quantità realmente piccolissime di sì fatte variazioni, è lecito il trascurarle, e puossi ritenere che la ghisa, dopo l'estrazione della doppia cerchiatura, riprende le sue primitive dimensioni, e che realmente la parte in ghisa dei cannoni cerchiati colle tensioni stabilite trovasi in buone condizioni d'elasticità.

Effetti della scerchiatura sui cerchi nei tronchi MN. — Prendiamo ora ad esaminare le esperienze di estrazione della parte in ghisa nei tronchi cerchiati M, N, per dedurne le conseguenze relative alle scerchiature.

Riassumeremo nello specchio seguente le variazioni subite dai diametri dei cerchi nelle operazioni successive.

Estrazione dei tronchi di ghisa M ed N dalle loro cerchiature unite.
Riassunto delle differenze proporzionali in millesimi dei diametri primitivi.

INDICAZIONI VARIE				Tronchi di ghisa M	N	Medie
Pei tronchi cerchiati gli allungamenti totali osservati sui diametri interni delle due cerchiature erano			Pella 1ª	0,952	0,959	0,955
			Pella 2ª	1,140	1,289	1,215
Considerando le due cerchiature unite	Restringimenti dei diametri interni delle cerchiature applicate, dovuti all'estrazione dei tronchi		Per la 1ª cerchiatura	1,133	1,232	1,182
			Per la 2ª cerchiatura	0,925	0,971	0,948
	Variazioni dei diametri interni delle cerchiature dopo l'estrazione dei tronchi, rispetto ai loro diametri primitivi		Restringimento totale della 1ª cerchiatura	0,181	0,273	0,227
			Allungamento totale della 2ª cerchiatura	0,215	0,318	0,266
Separando le due cerchiature	Estratta la 2ª cerchiatura sul tronco N		Allungamento della 1ª cerchiatura dovuta all'estrazione della 2ª		0,230	
			Restringimento permanente della 1ª cerchiatura		0,042	
	Estratta la 1ª cerchiatura sul tronco M		Restringimento della 2ª cerchiatura dovuta all'estrazione della 1ª	0,286		
			Restringimento permanente della 2ª cerchiatura	0,071		

Effetti dell'estrazione dei tronchi di ghisa, sulla doppia cerchiatura. — Dopo l'estrazione dei tronchi, la doppia cerchiatura era libera; ma considerando separatamente i due cerchi che la componevano, essi trovaronsi in uno stato di tensione particolare, interessante a constatarsi.

L'allungamento medio della 1ª cerchiatura applicata era di millesimi 0,955; dopo l'estrazione dei tronchi, il diametro interno della doppia cerchiatura unita risultò di millesimi 1,182; cosicchè vi è un restringimento di milles. 0,227, dovuto all'effetto di compressione del cerchio esterno. Considerando invece la 2ª cerchiatura, si trova che il restringimento del diametro interno, misurato dopo estratti i tronchi, è di mille-

simi 0,948; riesce cioè maggiore di millesimi 0,266 del suo diametro primitivo, e ciò perchè esercita tuttora una compressione sul 1° cerchio.

Risulta adunque che, considerando la doppia cerchiatura unita e liberata dai tronchi di ghisa, il 1° cerchio subisce un restringimento permanente, mentre quello esterno conserva un allungamento permanente.

Per distinguere la vera elasticità delle singole cerchiature, esse devonsi considerare isolatamente dopo che siasi operata la loro separazione.

Elasticità effettiva di cadun strato di cerchi. — Dopo aver tagliato il cerchio esterno della doppia cerchiatura del tronco N, si constatò che la 1ª cerchiatura subiva un allungamento di milles. 0,230, e riesciva ancora alcunchè inferiore al restringimento permanente osservato nella doppia cerchiatura (milles. 0,273); cosicchè dovrebbesi conchiudere che la 1ª cerchiatura, liberata da ogni azione interna ed esterna, conserva un restringimento permanente di milles. 0,042 (1).

Nel tronco M, dopo aver estratto il cerchio interno, si rilevò che quello esterno si restrinse di millesimi 0,286, quantità maggiore di quella dell'allungamento totale subìto quando, dopo l'estrazione della ghisa, trovavasi tuttora unito al cerchio interno (milles. 0,215); epperciò dovrebbesi conchiudere che la 2ª cerchiatura subisce un restringimento permanente di milles. 0,071 a fronte dal suo diametro primitivo (1).

Trascurando i piccoli restringimenti permanenti delle due cerchiature dopo isolate, che sarebbero in favore della loro elasticità, possiamo con certezza affermare che le due cerchiature conservarono appieno la loro elasticità.

Stando a questi risultati rimane provato, che le tensioni date ai cerchi dei cannoni da cent. 24 sono nei limiti della loro elasticità.

(1) Questo piccolo restringimento permanente è forse dovuto a leggerissima tempra acquistata dal cerchio, per effetto della corrente d'acqua impiegata dopo la sua applicazione, onde impedire il riscaldamento della ghisa, come venne menzionato a pag. 377.

§ III.

Conclusioni.

Da queste esperienze, assai complete ed eseguite con molta cura, possiamo conchiudere:

1° Che le tensioni stabilite per le cerchiature sono appropriate alle qualità del loro metallo e della ghisa, poichè tanto i cerchi che il cannone di ghisa, dopo la scerchiatura, conservano pienamente la loro elasticità;

2° Che le esperienze meccaniche eseguite per trazione longitudinale su saggi ricavati da cerchi Petin-Gaudet, e che diedero millesimi 1,117 per allungamento momentaneo e medio al limite d'elasticità, sono pure confermate da queste esperienze, fatte direttamento sopra cerchi di uguale qualità;

3° Che i procedimenti di fabbricazione e le tolleranze corrispondono allo scopo, e che la fabbricazione procede in modo da ispirare fiducia nella uniformità e bontà dei cannoni da cent. 24 cerchiati.

Da queste esperienze risulta inoltre che, in generale, per la determinazione delle tensioni da darsi per l'applicazione di cerchi in semplice o doppio strato, queste tensioni non devono essere stabilite in modo unicamente dipendente dalle condizioni d'elasticità proprie alle qualità dei cerchi, ma devono essere calcolate per ogni singolo caso, tenendo conto eziandio degli effetti di compressione della cerchiatura sulla ghisa, e della 2ª sulla 1ª cerchiatura, effetti che saranno variabili coi calibri e grossezze delle artiglierie, e dei cerchi.

Titolo II.

ESPERIENZE SU CERCHI DA CANNONE DA CENT. 24 APPLICATI A TRONCHI DI GHISA, COLLE NORME STABILITE PER GLI ESPERIMENTI DI COLLAUDAZIONE

Secondo le norme stabilite a pagina 82, oltre le esperienze per trazione longitudinale su saggi estratti dai cerchi, devono pure eseguirsi prove di cerchiatura di tronchi di ghisa, colla tensione media di milles. 1,7 ad 1,8; e dopo estratti i tronchi di ghisa, l'allungamento permanente dei cerchi non deve oltrepassare la tolleranza stabilita di milles. 0,300.

Per la collaudazione dei cerchi da cannoni da cent. 24, furono ognora eseguiti questi esperimenti.

Oltre queste prove di cerchiatura eseguite semplicemente per collaudar cerchi, si fecero pure le seguenti, cui si arrecarono cure speciali, per ricavarne tutte le conseguenze atte a rischiarare la quistione della cerchiatura.

Si cerchiarono due tronchi di ghisa, applicando ad ognuno di essi un cerchio di ferro acciaioso Petin-Gaudet per cannone da cent. 24, colla tensione di millesimi 1,7 ad 1,8 del loro diametro primitivo.

I tronchi di ghisa, ricavati dal vivo delle materozze di due cannoni da cent. 24 e dell'altezza di millimetri 250, furono con attenzione speciale esattamente calibrati internamente, al diametro dell'anima dei cannoni da cent. 24: quindi furono torniti esternamente con un diametro superiore di millesimi 1,8 a quello del diametro interno dei cerchi preparati.

I cerchi torniti avevano identica altezza di millim. 250, e la grossezza di millim. 61,64.

La cerchiatura fu eseguita secondo il metodo ordinario, e dopo 48 ore, si misurarono i diametri dell'anima ed i diametri interni dei cerchi colle stesse avvertenze sopra dette. Quindi mediante tagli fatti

da una macchina da mortise, si estrassero i tronchi; ed i cerchi così liberati senz'alcuna alterazione vennero misurati internamente.

Per avere maggiore esattezza nelle misure, furono presi sempre quattro diametri per caduna faccia; nello specchio seguente sono riportati i diametri medii, dedotti ognuno da 8 misurazioni, e corrispondenti ai 3 periodi dell'esperimento, prima e dopo la cerchiatura, e quindi dopo la scerchiatura.

Per facilitare le deduzioni, riportansi pure nello stesso specchio le differenze lineari, e quelle proporzionali espresse in millesimi dei diametri primitivi.

Tronchi di cannoni da cent. 24, cerchiati con un solo cerchio

con tensione nominale di milles. 1,8 *del diametro primitivo.*

RISULTATI MEDII DELLE MISURE PRESE SU OTTO DIAMETRI		Tronco N° 1	Tronco N° 2
		millimetri	millimetri
Prima della cerchiatura	Diametro interno del tronco di ghisa .	240,065	240,014
	Id. esterno del tronco di ghisa .	722,006	722,087
	Id. interno del cerchio	720,694	720,716
Durante la cerchiatura	Diametro interno del tronco di ghisa .	239,900	239,850
	Id. esterno del tronco ed interno del cerchio.	721,800	721,800
Dopo l'estrazione dei tronchi di ghisa	Diametro interno del cerchio	720,915	720,950

Differenze lineari e proporzionali dei diametri primitivi.

	Tronco N° 1		Tronco N° 2		Medie	
	millim.	milles.	millim.	milles.	millim.	milles.
Tensioni date in costruzione	1,312	1,820	1,371	1,900	1,342	1,860
Tensioni effettive dei cerchi durante la cerchiatura	1,106	1,530	1,084	1,500	1,095	1,515
Allungamento permanente del cerchio	0,221	0,309	0,234	0,325	0,228	0,317
Tensione elastica rimanente durante la cerchiatura .	0,885	1,221	0,850	1,175	0,868	1,198
Restringimento della ghisa durante la cerchiatura per i diametri . . . . . . esterni.	0,226	0,280	0,287	0,400	0,247	0,340
Restringimento della ghisa durante la cerchiatura per i diametri . . . . . . interni.	0,155	0,640	0,164	0,680	0,160	0,660

Larghezza dei tronchi dei cerchi mill. 250 — Grossezza dei cerchi mill. 61,64.

Dall'esame di questi risultati si rilevano i fatti seguenti:

La tensione data in lavoro pel tronco N° 2 risultò di millesimi 1,90, invece di esser compresa fra 1,7 ed 1,8 come si voleva, epperciò si oltrepassò il limite massimo. Con quella tensione si ebbe un allungamento permanente nei cerchi di millesimi 0,325, superiore al massimo tollerato, che è di soli milles. 0,300.

Nel tronco N° 1, in cui la tensione data in lavoro era di milles. 1,82, cioè alquanto superiore anche al massimo, l'allungamento permanente del cerchio fu solo di milles. 0,309.

Dall'esame delle differenze proporzionali medie risultanti dall'esperimento, si rileva adunque che, colla tensione media data nella lavorazione (milles. 1,86), i cerchi soffrono una perdita d'elasticità di milles. 0,317, di poco superiore cioè alla tolleranza stabilita in milles. 0,300 per il sistema di collaudazione colla cerchiatura dei tronchi. Si può ammettere che, con una tensione media di milles. 1,75, non vi sarebbe allungamento permanente superiore a quello tollerato di milles. 0,300; epperciò devesi conchiudere che, nelle prove di cerchiatura per collaudazione, la tensione da darsi in lavorazione non deve oltrepassare milles. 1,75, per un allungamento permanente di milles. 0,300.

Finalmente, confrontando le compressioni medie dei diametri interni ed esterni di questi tronchi di ghisa Nⁱ 1 e 2, con quelle medie dei cannoni Nⁱ 1180 e 1167 e dei tronchi M ed N (riferiti al Titolo I), stati cerchiati colla sola 1ª cerchiatura e con tensioni minori, abbiamo:

	Tensioni date in lavorazione	Compressioni della ghisa pei diametri	
		Interni	Esterni
Cerchio dei tronchi per collaudazione N° 1 e 2	1,860	0,660	0,340
Colla prima cerchiatura dei cannoni N° 1180 e 1167 e tronchi M e N	1,523	0,560	0,309
Differenze in millesimi . . .	0,337	0,100	0,031

Dal che risulta che le compressioni interne ed esterne sono per questi esperimenti molto prossimamente proporzionali alle pressioni esercitate dai cerchi.

Da queste esperienze e da quelle riferite precedentemente, possiamo conchiudere che, con un aumento di tensione, si ottengono bensì maggiori compressioni sulla ghisa, ma per contro i cerchi della qualità esperimentata subiscono un allungamento permanente; epperciò quando si voglia conservare ai cerchi la loro completa elasticità, non devono applicarsi con tensioni di lavorazione, superiori a circa milles. 1,5.

Titolo III.

RESISTENZA DEI CANNONI DA CENT. 24 GRC AL TIRO PROLUNGATO

§ I.

Della resistenza al tiro dei nostri cannoni da cent. 24. GRC.

La resistenza dei nostri cannoni da cent. 24 di ghisa, cerchiati, rigati ed a retrocarica, può dirsi pienamente accertata dai risultati di tiro ottenuti dai varii cannoni che servirono allo studio di quella bocca da fuoco.

Come prova della soddisfacente resistenza riscontrata credo interessante riferire il numero e la specie dei colpi eseguiti da questi cannoni sino a tutto novembre 1873.

Cannone da cent. 24 N° 1.

N° dei colpi	Peso delle cariche	Specie della polvere	Peso dei proietti	OSSERVAZIONI
	chilog.		chilog.	
1	12	Polvere a grani grossi da 16 a 17 millimetri densità 1,747	144	Questo cannone, il 1° gettato nel 1868 nella fonderia di Torino, era rigato col sistema a vento ed assai conforme ai cannoni della marina francese del 1866. Dopo i primi 200 colpi, l'anima presentava numerevoli solcature e corrosioni, che raggiungevano persino una profondità di mill. 3,5 dovuto essenzialmente al tiro di un proietto ad alette e con vento. Venne allora deciso di esperimentare il sistema di rigatura a forzamento per sparare un proietto ad involucro di piombo. Per utilizzare questo cannone, ne venne modificata l'anima, coll'inserire dalla volata un tubo di bronzo di 288 millimetri di diametro esterno, il cui calibro interno fu mantenuto di 240 mill. e venne rigato con 24 righe della profondità di mill. 1,5. Il tubo portava un anello d'acciaio contro il quale operavasi il combaciamento dell'anello otturatore. Eseguiti altri 102 colpi con cariche di polvere a dadi, si volle esperimentare alcuni colpi con cariche di polvere compressa, ed al terzo colpo successe un guasto che impedì l'estrazione dell'otturatore, ed il cannone venne dichiarato fuori servizio. Il cannone, dopo 304 colpi, era tuttora in buono stato di servizio; e come si vedrà in seguito, il guasto avvenuto è dovuto a causa affatto eccezionale.
1	16		»	
4	20		»	
165	24		»	
4	20	Polvere francese da cannone	»	
11	24		»	
4	20	Polvere di Fossano a grani prismatici	»	
10	24		»	
200				
1	18	Polvere a grani grossi da 16 a 17 millim.	148	
2	20		»	
11	22		»	
2	20	Polvere di Fossano a dadi	»	
6	24		»	
4	24		»	
57	26		»	
11	28		»	
2	29		»	
3	30		»	
3	16	Polvere inglese da 3 a 7 millimetri	»	
3	24	Cariche compresse diverse	»	
305				

Cannone da cent. 24 N° 2.

N° dei colpi	Peso delle cariche	Specie delle polvere	Peso dei proietti	OSSERVAZIONI
	chilog.		chilog.	
6	20	Polvere di Fossano a dadi	105	Il cannone in origine era rigato col sistema francese a vento come il N° 1, e dopo i primi 78 colpi, venne trasformato con rigatura a forzamento, con l'inserzione di un tubo di bronzo, come pel cannone N° 1. Inoltre fu allungato di 6 calibri, per esperimentare l'influenza della maggior lunghezza sulle velocità iniziali, e quindi accorciato di due calibri per ricerche analoghe. Nel cannone allungato di 6 e 4 calibri, si esperimentarono eziandio gli effetti delle cariche di 28 e 30 chilog. Dopo questi tiri il cannone è tuttora in perfetto stato di conservazione.
72	24		115	
21	26	Id.	150	
11	28		»	
33	30		»	
143				

Cannone da cent. 24 N° 3.

N° dei colpi	Peso delle cariche	Specie della polvere	Peso dei proietti	OSSERVAZIONI
	chilog.		chilog.	
2	10	Polvere di Fossano a dadi	N° 23 colpi con proietti di 110 a 125 chilog., gli altri 515 con proietti di 150 chilog.	Il cannone ha la rigatura del sistema a forzamento, del modello ora adottato per i cannoni da cent. 24 GRC corti. Dopo questo tiro prolungato di 538 colpi, di cui gli ultimi con cariche di 28 e 30 chilog. il cannone è tuttora in buono stato di conservazione, e non dà alcun indizio di aver raggiunto il suo limite di resistenza al tiro.
3	12			
1	14			
7	18			
7	20			
4	22			
17	23			
2	25			
488	26			
12	28			
16	30			
559				

Cannone da cent. 24 N° 4.

N° dei colpi	Peso delle cariche	Specie della polvere	Peso dei proietti	OSSERVAZIONI
	chilog.		chilog.	
1	15	Polvere di Fossano	N° 42 colpi con proietti da 110 a 125 chilog., gli altri con proietti di 150 chilog.	Il cannone è del tipo adottato per i cannoni corti da cent. 24 GRC. Il cannone è tuttora in perfetto stato di servizio.
5	20			
15	22			
2	23			
90	26			
24	30			
137				

Prima di conchiudere sulla resistenza di queste bocche da fuoco, credo dover entrare in alcune maggiori spiegazioni circa il cannone N° 1.

§ II.

Tiro eccezionale del cannone N° 1.

Circa al cannone N° 1, il primo costrutto nella Fonderia di Torino, ed il quale è stato dichiarato fuori servizio per un guasto accidentale, credo utile entrare in maggiori particolari, tanto più che su questo cannone appunto, furono eseguiti esperimenti interessanti per studiare gli effetti dovuti alla cerchiatura, e di cui si tratterà al § seguente.

Dopo 302 colpi, il cannone era in perfetto stato, allorchè venne impiegato per esperimentare cariche speciali di polvere compressa, e valutarne gli effetti di dilatazione, fin allora non conosciuti. Accadde che dopo due colpi con cariche compresse e tubulari di polvere in grani, e del peso di 24 chilogrammi, che non diedero luogo ad alcuna osservazione particolare, ed un terzo colpo con carica pure di 24 chilogrammi ma formata di solo miscuglio ternario compresso, non fu più possibile estrarre l'otturatore, e si dovette ricorrere al lavoro di macchina per estrarlo a pezzi; si potè riconoscere allora che l'anello d'acciaio fisso al tubo di bronzo, e contro il quale combaciava l'anello otturatore, era rotto in vari pezzi che, conficcatisi tra l'otturatore e l'alloggiamento, lo avevano *incuneato* con grandissima forza.

Dall'esame delle impronte dei parallelepipedi di rame dei due misuratori delle pressioni del sistema Rodman contenuti nell'otturatore, si potè constatare che le pressioni dovute all'ultimo colpo erano state enormi, giacchè i coltelli erano penetrati per tutta la loro lunghezza.

Colla macchina a provar i metalli, si cercò lo sforzo necessario per riprodurre intagli identici, e si trovò che era prossimo all'enorme pressione di 8000 atmosfere, mentre colle cariche ordinarie di 26 chilogrammi, queste pressioni sono in media di circa atmosfere 1700, e con 30 chilogrammi, di circa atmosfere 2250.

In seguito al disfacimento di questo cannone, si potè verificare, mediante una sezione fatta secondo l'asse, che esisteva nel cannone una fessura trasversale, la cui traccia seguiva presso a poco il fondo dell'ultima spira della chiocciola di culatta, e la cui profondità era di 6 ad 8 centimetri.

Debbo qui richiamare l'attenzione del lettore sul fatto notevole, che il principio di rottura trasversale osservato nel cannone cerchiato N° 1, si è manifestato senza essere preceduto od accompagnato da alcuna spaccatura longitudinale. Questo risultato fornisce la maggior prova delle buone condizioni di resistenza del sistema, poichè la sezione trasversale avendo una resistenza al di là del bisogno, e prossima a resistere alla enorme pressione di circa 8000 atmosfere, è evidente che la resistenza longitudinale sarà ancora maggiore.

§ III.

Conclusioni.

La resistenza dimostrata dai cannoni da cent. 24, non che il loro buono stato di conservazione, anche dopo un numero ragguardevole di tiri, deve infondere piena fiducia nelle buone qualità di tali bocche da fuoco. Queste qualità sono più specialmente dimostrate: dal cannone N° 1, il quale dopo 305 colpi venne posto fuori servizio, solo perchè in seguito ad un tiro *eccezionale* soffrì un guasto dovuto ad un mero accidente, e dimostrò intanto avere una grandissima resistenza nel senso longitudinale; dal cannone N° 3, che a tutto novembre 1873 aveva già sparato in totale N° 559 colpi (di cui 12 con carica di 28 chilogr. e 16 con carica di 30 chilogrammi), conservandosi tuttora in buono stato di servizio.

Rimangono così confermate eziandio le buone qualità della nostra ghisa e dei procedimenti di fabbricazione seguiti nella Fonderia di Torino, non che i vantaggiosi risultati ottenuti cogli studi sulle polveri a dadi.

Mercè questo concorso di circostanze, il nostro cannone da cent. 24, lungo 22 calibri, potrà colla carica di 26 chilogrammi di polvere a dadi, lanciare un proietto di 150 chilogrammi, con una velocità iniziale di circa 425 metri, senza oltrepassare una tensione interna di circa 1700 atmosfere, offrendo una resistenza assicurata per oltre 550 colpi, numero più che sufficiente per tutte le esigenze del servizio.

Inoltre, se esperimenti più estesi confermeranno i buoni risultati ottenuti sin qui, circa la resistenza dell'otturatore, si potrà adottare anche

la carica di 28 chilogrammi, colla quale, senza oltrepassare una tensione interna di 2000 atmosfere, si raggiunge una velocità iniziale di circa 440 metri; e si potrà ottenere in pari tempo che la bocca da fuoco, sparata con quella carica, abbia pur sempre una durata sufficiente.

Questi risultati devono considerarsi eminentemente favorevoli, anche in confronto di altri sistemi di bocche da fuoco estere aventi un prezzo molto più elevato.

Titolo IV.

EFFETTI DELLA CERCHIATURA SOPRA UN CANNONE DA CENT. 24
CHE SOPPORTO' PROVE DI TIRO

§ I.

Generalità e sistema seguito nelle esperienze.

Quantunque le esperienze di tiro abbiano comprovate le buone condizioni del cannone da cent. 24, e sanzionati i procedimenti di fabbricazione seguiti, ciò non di meno, per lo studio più completo della questione della cerchiatura, era mio desiderio poter in qualche modo analizzare le condizioni in cui si trovavano rispettivamente il corpo di ghisa ed i cerchi, dopo un gran numero di colpi, e verificare quali fossero per caso le alterazioni sofferte dalle singole parti componenti la bocca da fuoco.

Nella circostanza in cui venne dichiarato fuori servizio il cannone da cent. 24 cerchiato N° 1, credetti bene di utilizzarlo allo scopo di dilucidare una tal questione. Le esperienze eseguite sul cannone furono però limitate a constatare la sola elasticità posseduta dal corpo di ghisa, dopo la scerchiatura; e ciò, perchè volendo utilizzare la cerchiatura per altri cannoni, essa venne estratta col riscaldamento, sistema d'estrazione che, come abbiam già osservato, non permette di tener conto delle misure prese nei cerchi estratti, venendo questi alquanto alterati nelle loro dimensioni.

Per facilitare le operazioni, e verificare contemporaneamente se, nella ghisa, le condizioni d'elasticità di varie sezioni trasversali differissero tra loro, si divise il cannone in due tronchi con un piano normale all'asse, e distante di metri 0,45 dall'asse degli orecchioni.

Nell'esperimento di scerchiatura, si rilevarono le variazioni dei diametri nella sezione fatta presso gli orecchioni e nel piano del vivo di culatta.

Per dedurre i diametri medii delle sezioni con tutta esattezza, vennero praticate, nella ghisa e nella prima cerchiatura, otto scanalature secondo otto diametri dividenti la circonferenza in parti uguali; con punte apposite, che si adattavano in queste scanalature, si misurarono i diametri, e se ne presero le medie.

Si rilevarono così:

1° I diametri interni della 1ª cerchiatura corrispondenti ai diametri esterni della ghisa;

2° I diametri interni della 2ª cerchiatura corrispondenti ai diametri esterni della 1ª cerchiatura.

3° I diametri dell'anima nei punti corrispondenti ai diametri sovraindicati (avendo l'avvertenza nella misurazione dell'anima presso gli orecchioni, di fare appositi incastri nel tubo di bronzo, per misurare i diametri direttamente sulla ghisa).

Eseguite queste misure, fu estratta la 2ª cerchiatura col gettare attorno alla medesima ghisa fusa, che la dilatava in modo da poterla facilmente estrarre; si ripeterono quindi le stesse misure.

Poscia colle stesse norme, si estrasse la 1ª cerchiatura, e si misurarono i diametri interni ed esterni della ghisa liberata dalle cerchiature.

Non si tenne conto dei diametri dei cerchi estratti, perchè, come già si disse, essi erano alquanto alterati dall'alta temperatura subita per l'estrazione, e non potevano utilmente studiarsene le condizioni d'elasticità.

Nello specchio seguente son riferiti, per caduna delle sezioni misurate, i diametri medii del cannone cerchiato quale trovavasi dopo le prove di tiro, e quelli corrispondenti all'estrazione della 2ª e della 1ª cerchiatura; si riportano eziandio i dati della lavorazione relativi ai diametri della ghisa prima della cerchiatura, nonchè alle tensioni date ai cerchi.

Per lo studio della questione, è rincrescevole che non si abbiano i dati precisi sulle misure dei diametri, interni ed esterni, dopo eseguita la cerchiatura sul cannone nuovo; giacchè mancando questi, non si può fare l'interessante confronto dei diametri misurati prima e dopo il tiro, e dedurne le alterazioni subite: venne solo constatato colla stella mobile che per effetto del tiro vi era un allargamento nel calibro; ma questa misura non può essere tenuta in conto per calcoli precisi.

Diametri medii misurati sul cannone da cent. 24 N° 1

preparato per la cerchiatura, dopo il tiro di 305 colpi, e dopo la scerchiatura.

MISURE EFFETTIVE	Sezione di culatta		Sezione degli orecchioni	
	Diametri		Diametri	
	Interni	Esterni	Interni	Esterni
	millimetri	millimetri	millimetri	millimetri
Cannone di ghisa preparato per la cerchiatura	non misurato	720,912	non misurato	721,025
Tensioni date in lavorazione — alla 1ª cerchiatura		1,012		1,087
Tensioni date in lavorazione — alla 2ª cerchiatura		1,463		1,237
Cannone di ghisa cerchiato misurato dopo le prove di tiro	303,995	720,812	287,960	720,800
Cannone scerchiato dopo le prove di tiro — della 2ª cerchiatura	304,137	720,925	288,067	720,925
Cannone scerchiato dopo le prove di tiro — della 1ª cerchiatura	304,220	721,362	288,177	721,237

§ II.

Risultati delle esperienze.

Per facilitare le deduzioni che possono trarsi da queste esperienze, dallo specchio precedente, che contiene le misure effettive, si ricavarono le differenze lineari relative ai diametri misurati, non che le differenze proporzionali ai diametri primitivi, che permettono di istituire confronti in modo assoluto e senza tener conto dei diametri diversi.

Nello specchio seguente si inseriscono queste differenze per caduna sezione del cannone, e le loro medie.

Inoltre, riflettendo che i cannoni N° 1180 e 1167 sono stati sottoposti ad esperimenti di cerchiatura e scerchiatura, e si trovavano pressochè in uguali condizioni del cannone N° 1, poichè erano costrutti con ghisa e con cerchi di uguale qualità, e cerchiati con una tensione media di millesimi 1,523, cioè quasi uguale a quella media di millesimi 1,561 con

cui fu cerchiato il cannone N° 1, si può ritenere che i dati forniti dalle esperienze eseguite su quei due cannoni possono servire utilmente, sia pel confronto dei risultati, sia come punto di partenza per fare le induzioni opportune sulle variazioni che non furono osservate nel cannone N° 1.

Credo perciò utile l'inserire nello stesso specchio le differenze proporzionali medie di questi due cannoni.

Differenze nei diametri della parte in ghisa del cannone da cent. 24 N° 1 e loro confronto colle medie corrispondenti dei cannoni N° 1180 e 1167.

INDICAZIONI DIVERSE SULLE DIFFERENZE RILEVATE	Differenze lineari in millimetri — Cannone N° 1 — Sezione di culatta	Differenze lineari in millimetri — Cannone N° 1 — Sezione degli orecchioni	Differenze proporzionali in millesimi dei diametri primitivi — Cannone N° 1 — Sezione di culatta	Differenze proporzionali — Cannone N° 1 — Sezione degli orecchioni	Differenze proporzionali — Cannone N° 1 — Medie delle due sezioni	Medie dei due cannoni N° 1180 e 1174
Tensioni date in lavorazione — Alla 1ª cerchiatura	1,012	1,087	1,403	1,507	1,455	1,548
Tensioni date in lavorazione — Alla 2ª cerchiatura	1,463	1,337	1,739	1,588	1,664	1,498
Tensioni date in lavorazione — Media delle due cerchiat.	1,212	1,238	1,571	1,548	1,560	1,523
Tensiooe media effettiva della 1ª cerchiatura applicata	—	—	—	—	—	1,012
Durante la cerchiatura — Compressioni della ghisa nei cannoni N° 1180 e 1167, tolta la cerchiatura sui diametri — Interni — Tolta la 1ª cerchiatura	—	—	—	—	—	0,503
Durante la cerchiatura — Interni — Tolta la 2ª cerchiatura	—	—	—	—	—	0,615
Durante la cerchiatura — Interni — Totale tolte le 2 cerchiat.	—	—	—	—	—	1,118
Durante la cerchiatura — Esterni — Tolta la 1ª cerchiatura	—	—	—	—	—	0,292
Durante la cerchiatura — Esterni — Tolta la 2ª cerchiatura	—	—	—	—	—	0,243
Durante la cerchiatura — Esterni — Totale tolte le 2 cerchiat.	—	—	—	—	—	0,535
Compressione restante sui diametri esterni del cannone cerchiato N° 1 dopo le prove di tiro	0,100	0,225	0,138	0,312	0,225	—
Dopo la scerchiatura — Dilatazioni dei diametri interni dovute all'estrazione — Della 2ª cerchiatura	0,142	0,107	0,467	0,372	0,420	0,607
Dopo la scerchiatura — Dilatazioni dei diametri interni — Della 1ª cerchiatura	0,083	0,110	0,273	0,382	0,328	0,433
Dopo la scerchiatura — Dilatazioni dei diametri interni — Della due cerchiature	0,225	0,217	0,740	0,754	0,747	1,040
Dopo la scerchiatura — Dilatazioni dei diametri esterni dovute all'estrazione — Della 2ª cerchiatura	0,113	0,125	0,157	0,173	0,165	0,242
Dopo la scerchiatura — Dilatazioni dei diametri esterni — Della 2ª cerchiatura	0,437	0,312	0,606	0,433	0,519	0,146
Dopo la scerchiatura — Dilatazioni dei diametri esterni — Delle due cerchiature	0,550	0,437	0,762	0,606	0,684	0,388
Dopo la scerchiatura — Compressione permanente sui diametri esterni	—	—	—	—	—	0,147
Dopo la scerchiatura — Dilatazioni esterne *eccedenti* i diametri primitivi	0,450	0,212	0,624	0,294	0,459	—

Due fatti caratteristici ed interessanti si rilevano da questi risultati: il primo, che vi fu un aumento nel diametro esterno del cannone cerchiato, certamente per effetto del tiro prolungato; ed il secondo, che all'atto della scerchiatura si manifestò una ulteriore e considerevole dilatazione nel diametro esterno del cannone.

L'aumento di diametro avvenuto dopo il tiro nel cannone cerchiato non fu riscontrato con misure dirette, perchè non erasi tenuto conto in fabbricazione della misura della compressione esterna subita dal cannone nuovo all'atto della cerchiatura; però la si può desumere per analogia dai risultati forniti dagli altri cannoni. La compressione media del diametro esterno dei due cannoni nuovi N' 1167 e 1180 all'atto della cerchiatura è stata di millesimi 0,535; e non vi ha ragione perchè il cannone N° 1, che all'atto della cerchiatura trovavasi nelle identiche condizioni degli altri, non debba aver subito una compressione analoga, di milles. 0,535 all'incirca. Dopo le prove di tiro, la compressione media esterna rimasta al cannone, sotto alla cerchiatura, essendo solamente di millesimi 0,225, è forza riconoscere che la ghisa deve aver subito una dilatazione esterna di circa millesimi $0{,}535 - 0{,}225 = 0{,}310$ e che dell'uguale quantità deve essere aumentata la tensione del cerchio a contatto colla ghisa. Questa dilatazione della ghisa ed il corrispondente aumento di tensione sul cerchio non risultarono uguali nelle due sezioni del cannone considerate, e furono più grandi nella sezione di culatta (millesimi $0{,}535 - 0{,}138 = 0{,}397$) che non in quelle agli orecchioni (milles. $0{,}535 - 0{,}312 = 0{,}223$).

Tagliando la cerchiatura, il diametro esterno della ghisa si dilatò in media di millesimi 0,684, sino ad oltrepassare cioè di millesimi 0,459 il diametro del cannone nuovo prima di esser cerchiato; e l'aumento fu tanto rilevante, e lo si desume da misure così dirette, che non si potrebbe in nessun modo metterlo in dubbio. Anche qui si osserva che la dilatazione oltre il diametro primitivo fu maggiore nella sezione di culatta del cannone (millesimi 0,624), che non nella sezione agli orecchioni (millesimi 0,294). Inoltre, la dilatazione esterna di millesimi 0,684, media fra quelle delle due sezioni del cannone, risultò prossimamente doppia di quella media avuta nella scerchiatura dei due cannoni nuovi N° 1167 e 1180, nei quali essa fu di millesimi 0,388.

Questa dilatazione straordinaria del diametro esterno del cannone

N° 1 è dovuta certamente ad un cambiamento nella costituzione molecolare del metallo, prodotta dall'azione del tiro.

Come già si disse, un effetto immediato della dilatazione desunta dopo il tiro (milles. 0,310) nel diametro esterno del cannone cerchiato, fu un aumento nella tensione effettiva della cerchiatura; supponendo che la tensione effettiva della 1ª cerchiatura, applicata sul cannone nuovo, fosse uguale a quella media dei due cannoni N° 1180 e 1167, cioè millesimi 1,012, la tensione effettiva della 1ª cerchiatura del cannone N° 1 dopo le prove di tiro risulterebbe di millesimi 1,322, cioè di poco superiore al limite d'elasticità dei cerchi.

In questo esperimento non si ebbe campo di constatare quale fosse l'elasticità rimanente alla cerchiatura, dopo l'anzidetto aumento di tensione; ma considerando che, tolti i cerchi, la ghisa ebbe una dilatazione elastica di millesimi 0,684, mentre nei cannoni nuovi è di milles. 0,388 solamente, devesi conchiudere che lo sforzo utile esercitato dalla cerchiatura doveva essere piuttosto aumentato che diminuito.

Un'altra conseguenza che sembra potersi trarre è questa: che per effetto del tiro prolungato siasi accresciuta l'elasticità della ghisa. Questa conseguenza, che a primo aspetto sembra assurda, può forse spiegarsi colle considerazioni esposte al Capitolo III intorno alle esperienze sull'elasticità speciale.

Da esse risultò che, con sforzi successivi di trazione sin oltre il limite di elasticità, accrescevasi la potenza elastica dell'acciaio e del ferro acciaioso; e si attribuiva un tal fatto ad una probabile modificazione molecolare prodotta dai ripetuti sforzi di trazione seguiti da riposi, e che, a guisa del martellamento e della laminazione, modifica ed accresce la tenacità e la elasticità di quei metalli.

L'accadere di un simile fenomeno nella ghisa dei cannoni cerchiati potrebbe forse essere spiegato dalle seguenti cause:

Sotto l'impulso dei gaz sviluppati nello sparo, gli strati interni della ghisa sono energicamente spinti contro gli strati successivi e la cerchiatura: la trasmissione del movimento da strati a strati richiede però un certo tempo, e si può ammettere che, per un istante piccolissimo, gli strati più esterni e specialmente la cerchiatura, restando immobili, contrastano quel movimento; e ciò, sinchè ricevendo alla lor volta la spinta, cedono momentaneamente; quindi la cerchiatura per la sua elasticità, reagendo in senso

contrario, da prima arresta quel movimento molecolare dall'interno all'esterno, poscia ne rovescia la direzione, e produce una compressione dall'esterno all'interno, movimenti necessariamente accompagnati da vibrazioni di una certa durata.

Tenendo conto di ciò, che ad ogni colpo si ripetono gli stessi effetti, accompagnati da necessario sviluppo di calorico, s'intende come possano prodursi tali modificazioni nelle disposizioni molecolari della massa della ghisa, da renderla più elastica, nella stessa guisa che, come abbiamo provato al Capitolo III, i ripetuti sforzi momentanei di trazione longitudinale esercitati sul ferro acciaioso dei cerchi, e seguiti da riposi, ne accrescono la potenza elastica.

Faremo ora un'altra osservazione dipendente dall'aumento dei diametri esterni prodotto dal tiro.

Avendo constatato un allungamento permanente nel diametro esterno, è interessante verificare se vi furono aumenti nella superficie delle sezioni trasversali. Non possiamo, è vero, calcolare questi aumenti dovuti specialmente al tiro, poichè ci mancano le opportune misure sul cannone cerchiato nuovo; ma potremo dedurli per induzione, se dopo aver constatato un aumento di superficie nelle sezioni trasversali quando si opera la scerchiatura, esso trovasi sensibilmente maggiore di quello osservato nella scerchiatura dei cannoni nuovi.

Calcolando le sezioni di culatta e degli orecchioni del cannone N° 1, prima e dopo la scerchiatura, abbiamo gli aumenti seguenti:

		Aumenti nelle sezioni trasversali	
		di culatta	degli orecchioni
Estraendo la 2ª cerchiatura, aumento	mill. quad.	63	96
Id. 1ª id.	»	453	301
Aumento totale nella scerchiatura.	mill. quad.	516	397
Aumento medio delle due sezioni	mill. quad.	456,5	

Questo risultato conferma vieppiù che, in seguito alla scerchiatura, le sezioni subiscono aumenti sensibili, come già venne riconosciuto dai calcoli sulle sezioni trasversali dei cannoni nuovi N° 1180 e 1167, le quali sezioni aumentarono nella scerchiatura, in media, di millimetri quadrati 176,5.

Si osserva inoltre, che nel cannone N° 1, l'aumento di sezione avvenuto nella scerchiatura è più che doppio di quello dei cannoni nuovi.

Questo maggiore aumento deve attribuirsi esclusivamente a modificazioni molecolari del metallo, in seguito agli effetti del tiro.

Da queste considerazioni sulle sezioni trasversali, prima e dopo la scerchiatura, non si può definire numericamente l'aumento delle sezioni dovuto al tiro; però i fatti sinora verificati ne confermano l'esistenza. All'aumento delle sezioni deve corrispondere necessariamente un accrescimento nei volumi, ed esso dovrebbe riuscire ancora più sensibile, perchè gli sforzi sopportati ad ogni colpo dall'otturatore (senza parlare dell'ultimo colpo in cui vi si produsse una fessura trasversale), dovevano produrre sensibili allungamenti nel senso dell'asse, allungamenti dei quali bisognerebbe tener conto nei calcoli assoluti dei volumi.

L'ipotesi che potrebbe spiegare l'aumento dei volumi sarebbe questa: che venne modificata la costituzione molecolare per l'assorbimento, sia del calorico prodotto dall'esplosione dei gaz, sia di quello che si sviluppa nel lavoro molecolare per effetto della compressione degli strati interni di ghisa contro gli strati successivi e contro i cerchi, quando essi nei primi istanti non partecipano al moto, e nelle reazioni e vibrazioni successive che ne conseguono, secondo l'ipotesi dianzi fatta.

L'ipotesi dell'aumento di volume dovuto al calorico assorbito spiegherebbe, è vero, solo un momentaneo aumento di volume; se non che, il fatto che consideriamo ha una lontana analogia con quello verificato praticamente, che cioè le dilatazioni di cilindri per effetto di calorico assorbito producono un vero aumento permanente di volume, persistente anche dopo il raffreddamento. Infatti, riscaldando un cannone od un proietto cavo in un forno a riverbero, e quindi lasciandoli raffreddare molto lentamente, essi aumentano tanto di diametro interno che di diametro esterno, e vi è aumento di volume totale; si trae anzi partito di questo fenomeno per allargare i diametri esterni di proietti alquanto al disotto delle tolleranze,

od i calibri dei cannoni quando sono inferiori di qualche decimillimetro al prescritto.

Se poi prendiamo ad esame le variazioni proprie a caduna sezione di culatta e degli orecchioni, per verificare se esse svelino una differenza negli effetti prodotti dal tiro, risulta dalle osservazioni già fatte che, nella sezione di culatta del cannone cerchiato vi fu maggiore dilatazione esterna, e maggior aumento di tensione sul cerchio, e dopo la scerchiachiatura vi fu altresì maggiore dilatazione oltre il diametro primitivo. Questi risultati, forniti dal confronto delle due sezioni, sono conformi a quanto si può arguire dagli effetti del tiro. Infatti, gli sforzi replicati della pressione dei gaz sull'otturatore, per le forme speciali dell'avvitamento, sono scomposti e trasmessi al cannone, parte in senso longitudinale e parte nel senso trasversale, e quest'ultimo componente ha dovuto esser assai grande, specialmente all'ultimo colpo in cui la pressione dei gaz salì sino ad 8000 atmosfere.

Questa osservazione sul maggiore sforzo subito dalla culatta, va d'accordo con quella delle maggiori dilatazioni permanenti interne rilevate antecedentemente nella sezione di culatta.

Conclusioni.

Da tali esperimenti, quantunque incompleti, come si è già osservato, poichè mancano le misure del cannone N° 1 cerchiato prima del tiro, ed i dati relativi ai cerchi dopo estratti, possiamo però trarre alcune conclusioni.

Risulta evidentemente provato che, per effetto del tiro, accade una dilatazione esterna, tale da accrescere il diametro primitivo del cannone di circa mezzo millesimo, e che la sezione di culatta subisce maggior tormento che non quella degli orecchioni; ed è probabile che vi sieno eziandio aumenti corrispondenti nei volumi.

Ciò nonostante, pare che il cannone cerchiato abbia conservato dopo il tiro una potenza elastica non minore che quando era nuovo, ed anzi che questa siasi persino accresciuta.

Lasciando in disparte le ipotesi fatte, per spiegare l'aumento del volume e della potenza elastica, per effetto del tiro, questi risultati, per

se stessi interessanti, dimostrano vieppiù le buone condizioni ed i vantaggi della cerchiatura dei cannoni da cent. 24, senza la quale molto probabilmente le dilatazioni esterne, riescendo meno contrastate, avrebbero rese più facili le dilatazioni interne e ne sarebbero quindi facilmente avvenute spaccature longitudinali, che propagandosi sarebbero state causa della rottura della parte in ghisa della bocca da fuoco.

La resistenza presentata dal cannone devesi perciò attribuire in gran parte ai buoni effetti della cerchiatura.

FINE